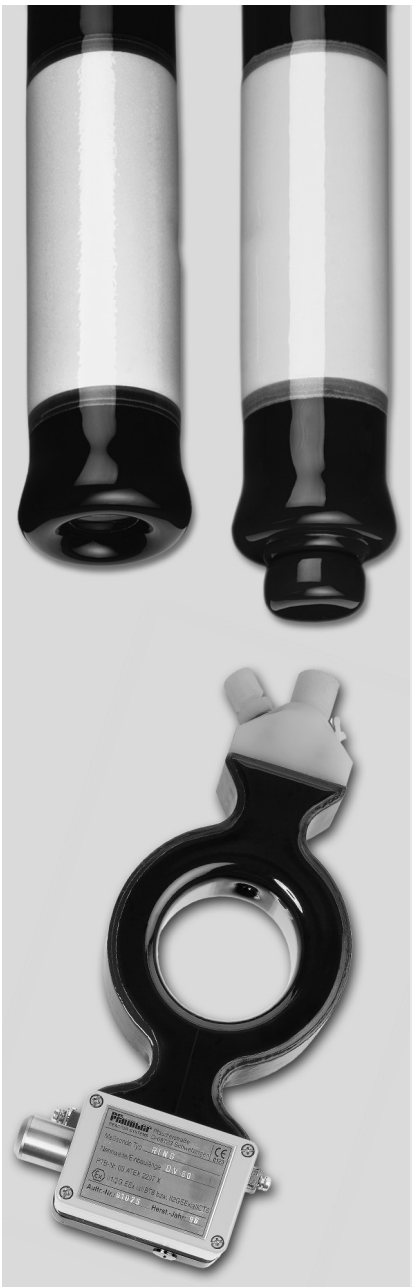
pH-Sonde Typ 03/04
pH-Ringsonde



Inhalt

1 Vorwort
2 Allgemeine Hinweise
2.1 Einsatzbereich
2.2 Warnhinweise in der Betriebsanleitung
2.3 Hinweise zur Lieferung
2.4 Transport und Lagerung
2.5 Hinweise zur Gewährleistung
2.6 Hinweise zur Rücklieferung
3 Sicherheit
3.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch
3.2 Qualifiziertes Personal
4 Bauformen und Typenbezeichnung
4.1 Bauformen
4.2 Typenbezeichnung der Stabsonde
4.3 Typenbezeichnung der Stabsonde in Dualausführung
4.4 Typenbezeichnung der Ringsonde
5 Technische Beschreibung
5.1 Messprinzip
5.2 Aufbau und Funktionsweise der Stabsonden
5.3 Aufbau und Funktionsweise der Stabsonden in Dualausführung
5.4 Aufbau und Funktionsweise der Ringsonde
5.5 Bezugselektroden
5.6 Elektrolytgefäß
5.7 Elektrolyt
5.8 Technische Daten
6 Messtechnische Kennwerte
6.1 Steilheit der Messkette
6.2 Nullpunkt der Messkette
6.3 Isothermenschnittpunkt
6.4 Widerstand der Messkette
6.5 Diaphragmawiderstand
6.6 Messfehler
6.7 Alkalifehler
6.8 Zeitverhalten bei pH-Änderung
6.9 Zeitverhalten bei Temperaturänderungen
7 Einsatzgrenzen
7.1 Chemische Beständigkeit
7.2 Temperatur
7.3 pH-Bereich
7.4 Druck
7.5 Ungeeignete Produkte
8 pH-Messumformer und Zubehör für pH-Sonden
8.1 Liste der von Pfaudler zugelassenen pH-Messumformer
8.2 Trennverstärker
8.3 Speisegerät
8.4 Integrator
9 Einbau und elektrischer Anschluss der Sonden
9.1 Einbau der Stabsonde in den Behälter
9.2 Einbau der Stabsonde in die Rohrleitung
9.3 Einbau der Ringsonde in eine Rohrleitung
9.4 Installation K-Gefäß
9.5 Installation N-Gefäß
9.6 Elektrischer Anschluss der Stabsonde K
9.7 Elektrischer Anschluss der Stabsonde N
9.8 Elektrischer Anschluss der Ringsonde
9.9 Elektrischer Anschluss Trennverstärker
9.10 Pfaudler-Anschlusskabel
10 Inbetriebnahme und Kalibrierung
10.1 Vorbemerkung
10.2 Formierung der Sonde
10.3 K-Ausführung: Befüllung, Entlüftung und Einbau der Bezugselektrode
10.4 N- und Ring-Ausführung: Befüllung, Entlüftung und Einbau der Bezugselektrode
10.5 Parametrierung des pH-Messumformer
10.6 Was heißt Kalibrierung?
10.7 Kalibriermethoden
10.8 Kalibrierung durch Dateneingabe am pH-Messumformer
10.9 Zweipunktkalibrierung
10.10 Einpunktkalibrierung
10.11 Automatische Kalibrierung
10.12 Druckeinstellung
11 Betrieb und Wartung
11.1 Nachkalibrierung
11.2 Nachfüllung des Elektrolytgefäßes
11.3 Elektrolytverbrauch
11.4 Überprüfung der Bezugselektrode
11.5 Emailprüfung
11.6 Reinigung und Sterilisierung der Sonden
11.7 Reinigung des Diaphragmas beim Typ 04
11.8 Montageanleitung für Elektrolytschlauchkit bei der Stabsonde N
11.9 Montageanleitung für Elektrolytschlauchkit bei der Stabsonde K
11.10 Montageanleitung für den Sondenkopf der Ringsonde
11.11 Fehlersuche
11.12 Ersatzteilliste

Anhang 1 EG-Konformitätsbescheinigung
Anhang 2 Baumusterprüfbescheinigung
Anhang 3 Sicherheitshinweise und Ex-Schutz

Betriebsanleitung

307-3 d

Pfaudler
Defining the standard

1 Vorwort

Diese Betriebsanleitung soll mit der Ausrüstung der pH-Sonde und deren Verwendung vertraut machen.

Die Betriebsanleitung muss dem Betriebs- und Wartungspersonal zugänglich sein, damit bei Montage- und Wartungsarbeiten alle notwendigen Informationen zur Verfügung stehen.

Durch Kenntnis dieser Betriebsanleitung vermeiden Sie Schäden an der Messeinrichtung und erreichen einen störungsfreien Betrieb.

Die in dieser Betriebsanleitung gemachten Angaben entsprechen dem Stand der Technik zum Zeitpunkt der Drucklegung und werden nach bestem Wissen weitergegeben.

Wir behalten uns vor, Verbesserungen, Ergänzungen und neue Erkenntnisse ohne Vorankündigung in die Betriebsanleitung neu aufzunehmen. Die tatsächliche Ausführung von Produkten kann gegenüber den im Katalog gemachten Angaben abweichen, falls technische Änderungen infolge von Produktverbesserungen dies notwendig machen. Das für einen konkreten Anwendungsfall von Pfaudler abgegebene Angebot ist hier verbindlich.

Die neueste Ausgabe ersetzt alle vorherigen.

Diese Betriebsanleitung stellen wir unseren Kunden und Interessenten kostenlos zur Verfügung. Nachdruck und Vervielfältigung sowie die Übernahme in elektronischer Form, auch auszugsweise, sind nur mit unserer schriftlichen Genehmigung zulässig.

Alle Rechte sind uns vorbehalten.

2 Allgemeine Hinweise

2.1 Einsatzbereich

Mit pH-Sonden aus Stahl-Email wird der pH-Wert einer Lösung gemessen. Der pH-Wert ist ein Maß für die Stärke einer Lauge oder einer Säure. Die pH-Sonden werden direkt in den Rührbehälter oder in die Rohrleitung eingebaut. Über die Beständigkeit geben unsere Druckschriften 614 und 641 Auskunft.

⚠ Betreiben Sie die Messeinrichtung nur innerhalb der zulässigen Betriebsbedingungen.

2.2 Warnhinweise in der Betriebsanleitung

⚠ In der Betriebsanleitung wird für sicherheitsrelevante Anweisungen das Gefahrenzeichen benutzt. Die Beachtung dieser Anweisungen ist zwingend, da durch das Befolgen der Anweisungen schwerwiegende Personen- und/oder Sachschäden vermieden werden.

2.3 Hinweise zur Lieferung

Der jeweilige Lieferumfang ist entsprechend dem gültigen Kaufvertrag auf den Versandpapieren aufgeführt, die der Lieferung beigefügt sind.

Prüfen Sie die Lieferung auf Vollständigkeit und Unversehrtheit. Bewahren Sie nach Möglichkeit das Verpackungsmaterial auf, da Sie es für eventuelle Rücksendungen wieder verwenden können.

2.4 Transport und Lagerung

Transportieren und lagern Sie die Sonden möglichst nur in der verschlossenen Originalverpackung. Ist das nicht möglich, sind die Sonden gegen Stoß und Schlag zu schützen. Beim Aufhängen der Sonden die vorhandenen Ringschrauben verwenden (ab Rohrdurchmesser 83 mm). Um einen neuwertigen Zustand der Sonde zu gewährleisten, halten Sie folgende Lagerbedingungen ein: trocken und staubfrei sowie gleichmäßig temperiert und belüftet. Die Sonden benötigen keine Konservierung, sie sind gegen normale Umwelteinflüsse beständig.

⚠ pH-Sonden des Typs 04 dürfen nicht auf die Diaphragmaschraube aufgesetzt werden!

Bei langen Betriebsunterbrechungen kann die Messsonde trocken gelagert werden oder im Reaktor verbleiben. Soll die Sonde länger gelagert werden, dann muss die Elektrolytstrecke der Sonde mit destilliertem Wasser ausgespült werden.

⚠ Bei Frostgefahr ist die Elektrolytstrecke der pH-Sonde zusätzlich auszublasen!

Trockenlagern schadet der Funktion grundsätzlich nicht. Die Charakteristik der Sonde bleibt in jedem Fall erhalten Jedoch können sich dadurch leichte Veränderungen von Nullpunkt und Steilheit ergeben, die einen Messfehler von max. 0,2 pH verursachen. Dieser Fehler lässt sich durch Formierung der Sonde (s. Kap. 10.2) beseitigen. Auch bei Betrieb der Sonde verschwindet dieser Fehler nach 2 - 3 Stunden wieder.

Bei Sonden, die in Flüssigkeit (Produkt) eingetaucht sind, dürfen der pH-Messumformer oder der Trennverstärker nicht länger als 1 - 2 Stunden vom Netz getrennt werden. Ansonsten kann es durch Polarisation an der Messelektrode zu einer Nullpunktverschiebung kommen, die außerhalb des Einstellbereiches des pH-Messumformers liegt. Sollte eine längere Trennung erforderlich sein, so ist unbedingt der Messstromkreis an der Sonde zu unterbrechen, entweder durch Abziehen des Steckers an der Bezugselektrode oder am Anschlusskasten der Sonde.

2.5 Hinweise zur Gewährleistung

Gewährleistungsansprüche werden durch die Angaben in dieser Betriebsanleitung weder erweitert noch eingeschränkt.

Die genauen Gewährleistungsbedingungen entnehmen Sie bitte den gültigen Verkaufsbedingungen der Pfaudler Werke GmbH.

2.6 Hinweise zur Rücklieferung

Werden benutzte Sonden für Reparaturen oder andere Zwecke an die Pfaudler Werke GmbH oder an Dritte gesandt, müssen alle Teile vorher gereinigt und dekontaminiert werden.

Zur Sicherheit unserer Mitarbeiter und aus versicherungsrechtlichen Gründen, benötigen wir von Ihnen mit der Rücklieferung eine Freigabebescheinigung, auf der Sie bestätigen, dass die Sonde ordnungsgemäß gereinigt und dekontaminiert wurde. Ein entsprechendes Formular erhalten Sie auf Anfrage bei uns.

3 Sicherheit

Ausführliche Sicherheitshinweise sowie Angaben zum Ex-Schutz finden Sie im Anhang am Ende der Betriebsanleitung.

3.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Ein anderer Betrieb, als der in dieser Betriebsanleitung beschriebene, beeinträchtigt die Sicherheit und die Funktion der Messeinrichtung und ist deshalb unzulässig.

Beachten Sie unbedingt die geltenden Sicherheitsbestimmungen für elektrische Anlagen und Geräte sowie ggf. die Ex-Schutzvorschriften.

⚠ Jede sicherheitsbedenkliche Arbeitsweise ist zu unterlassen!

3.2 Qualifiziertes Personal

Die Sonde darf nur von autorisierten Fachkräften der Messtechnik unter genauester Beachtung dieser Betriebsanleitung sowie der geltenden Bestimmungen eingebaut, betrieben und gewartet werden.

Zuwiderhandlung gegen diese Bestimmungen – gleich ob vorsätzlich oder fahrlässig – entbindet die Pfaudler Werke GmbH von jeglicher Haftung und Gewährleistung.

4 Bauformen und Typenbezeichnung

4.1 Bauformen

Die pH-Sonden gibt es in zwei Bauformen

- Stabsonde
- Ringsonde

4.2 Typenbezeichnung der Stabsonde

In der Bauform Stabsonde gibt es zwei verschiedene Typen

- Typ 03
- Typ 04

Sie unterscheiden sich durch den unterschiedlichen Aufbau des Diaphragmas.

Beim **Typ 03** ist ein geschliffener und eingeschrumpfter Glaspuck Teil des Diaphragmas.

Beim **Typ 04** ist ein geschliffener und schraubbarer Puck aus Stahl-Email Teil des Diaphragmas.

Diese pH-Sonden sind für den Einsatz in Zone 0 zugelassen. **(s. Anhang 2)**

⟨Ex⟩ pH-Stabsonden vom Typ 03, die vor Juli 2004 ausgeliefert wurden, sind nicht für den Einsatz in Zone 0 zugelassen. Maßgebend hierfür sind die Angaben auf dem Typenschild.

Diese beiden Typen werden in zwei unterschiedlichen Ausführungen gebaut, die sich durch das Elektrolytgefäß unterscheiden.

Stabsonde in Ausführung K

Im weiteren Verlauf der Betriebsanleitung wird diese Ausführung **Stabsonde K** genannt. Bei dieser Ausführung ist das Elektrolytgefäß fest auf dem Sondenkopf montiert (s. Abb. 1).

Stabsonde in Ausführung N
Im weiteren Verlauf der Betriebsanleitung wird diese Ausführung **Stabsonde N** genannt. Bei dieser Ausführung wird das Elektrolytgefäß als Einzelteil mitgeliefert und vor Ort separat neben der Sonde montiert. Über einen mitgelieferten Schlauch wird das Gefäß mit dem Sondenkopf verbunden (s. Abb. 1).

Zusammenfassend ist festzuhalten: Von der Stabsonde gibt es vier verschiedene Typen, die wie folgt bezeichnet werden:
1. Typ 03/K
2. Typ 03/N
3. Typ 04/K
4. Typ 04/N

Die lieferbaren Baugrößen entnehmen Sie bitte den Tabellen 2 und 3 im Kapitel 9.1.

4.3 Typenbezeichnung der Stabsonde in Dualausführung

Mit dieser Ausführung können, z. B. für redundante Anwendungen, mit einer pH-Stabsonde, zwei von einander unabhängige pH-Werte gemessen werden. Da die „Dualsonden" in den gleichen Ausführungsvarianten gebaut werden wie die „Monosonden", haben sie die gleiche Typenbezeichnung, es wird lediglich der Begriff „dual" angehängt. Die lieferbaren Baugrößen entnehmen Sie bitte den Tabellen 2 und 3.

4.4 Typenbezeichnung der Ringsonde

In der Bauform Ringsonde gibt es nur den Typ 03. Bei der Ringsonde ist ein geschliffener Glaspuck Teil des Diaphragmas.

Die pH-Ringsonde ist für den Einsatz in Zone 0 zugelassen. **(siehe Anhang 2)**

pH-Ringsonden, die vor Juli 2004 ausgeliefert wurden, sind nicht für den Einsatz in Zone 0 zugelassen. Maßgebend hierfür sind die Angaben auf dem Typenschild.

Die Ringsonde wird nur in der Ausführung N gebaut, d. h. das Elektrolytgefäß wird als Einzelteil mitgeliefert und vor Ort separat neben der Sonde montiert. Über einen mitgelieferten Schlauch wird das Gefäß mit Ringsonde verbunden. (s. Abb. 1).

Da es von der Ringsonde nur einen Typ und nur eine Ausführungsvariante gibt wird sie nicht näher spezifiziert sondern immer nur als Ringsonde bezeichnet. Die Ringsonden sind standardmäßig in den Baugrößen DN50 und DN80 lieferbar. Größere Abmessungen sind auf Anfrage lieferbar.

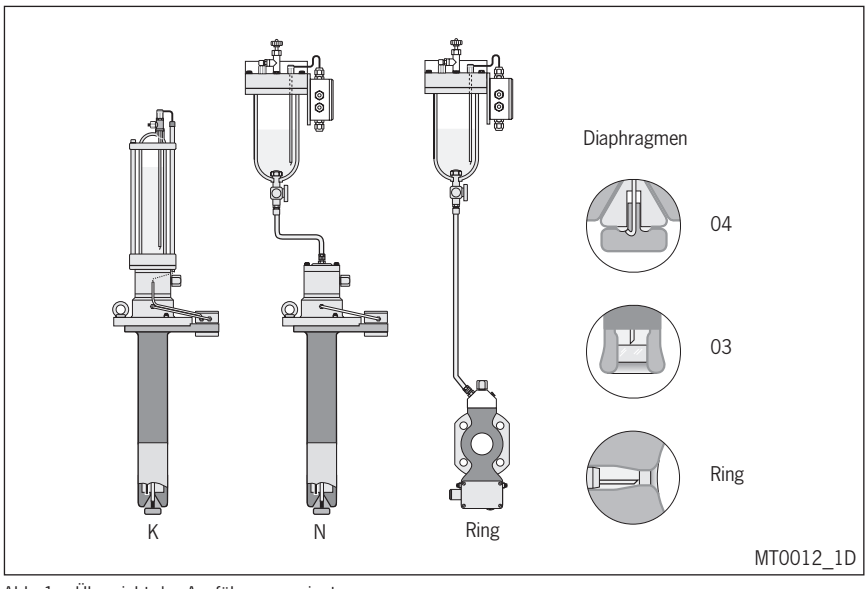


Abb. 1 Übersicht der Ausführungsvarianten

5 Technische Beschreibung

5.1 Messprinzip

Der pH-Wert ist ein Maß für die Wasserstoffionenaktivität a_{H^+} in einer Lösung. Er ist definiert als der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität a_{H^+}. Der praktisch bedeutsame Bereich des pH-Wertes erstreckt sich von pH 0 bis pH 14. Dabei ist pH 0 stark sauer, pH 14 ist stark alkalisch und pH 7 ist neutral.

pH-Sonden von Pfaudler aus Stahl-Email arbeiten nach dem Prinzip der Potenziometrie, d. h. abhängig von der Wasserstoffionenaktivität in einer wässrigen Lösung bildet sich am pH-Sensor ein pH-abhängiges Potenzial aus. Das Potenzial wird abgeleitet und in einem pH-Messumformer verarbeitet.

Der eigentliche Sensor unserer pH-Sonden besteht aus einem pH-sensitiven Email. An der Oberfläche des pH-Emails, der sogenannten Quellschicht, erfolgt bei Kontakt mit wässrigen Lösungen ein Ionenaustausch (Hydroxilierung), in dessen Verlauf Alkali-Ionen des pH-Emails gegen Wasserstoff-Ionen der Messlösung ausgetauscht werden. Die Quellschicht hat eine Dicke von 5 - 150 nm. Das pH-abhängige Potenzial, das sich in der Quellschicht bildet, wird durch Ionenleitung an eine unter dem pH-Email liegende, metallische Ableitschicht übertragen.

Dieses Potenzial, auch Phasengrenz- oder Galvanispannung genannt, ist direkt nicht messbar, sondern nur in Bezug zu einem zweiten Einzelpotenzial. Das zweite Einzelpotenzial liefert eine Bezugselektrode, die über eine Elektrolytlösung und die Messlösung (Produkt) mit dem pH-Sensor galvanisch (leitfähig) verbunden ist.

Das Messsignal, bestehend aus der Summe von „pH-Potenzial" und „Bezugspotenzial" ist zwischen der metallischen Ableitschicht und der freien (metallischen) Seite der Bezugselektrode messbar.

Über geeignete Anschlüsse wird das Messsignal einem pH-Messumformer zur Auswertung zugeführt.

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

5.2 Aufbau und Funktionsweise der Stabsonden

pH-Stabsonden aus Stahl-Email haben zwei Hauptbestandteile:

- **Messsonde**
- **Bezugssystem**

Die Messsonde besteht aus einem emaillierten Stahlteil mit der Messelektrode und dem Diaphragma. Das Bezugssystem besteht aus dem Elektrolytgefäß und der eingebauten Bezugselektrode. Die beiden Teile stehen über die so genannte Elektrolytstrecke miteinander in Verbindung. Die einzelnen Bestandteile werden im Verlauf des Kapitels noch näher beschrieben.

Bei den Stabsonden besteht die Messsonde aus einem Stahlrohr mit angeschweißtem Flansch. Rohr und Flanschunterseite sind durchgehend emailliert. Sondenkopf und Anschlusskasten sind auf der Flanschoberseite montiert.

Das pH-sensitive Email, im weiteren Verlauf der Betriebsanleitung **„pH-Email“** genannt, ist am Rohrende auf eine metallische Ableitschicht aufgeschmolzen. Die Sensorfläche beträgt je nach Baugröße 120 bis 350 cm^2.

Zur Potenzialableitung ist die Ableitschicht über ein im Email eingeschmolzenes Metallband mit dem Anschlusskasten verbunden, der am Sondenflansch montiert ist. Ableitschicht und Metallband sind in das Email eingebettet und somit zum Stahl und zur Oberfläche hin hochohmig isoliert. Das Metallband zur Potenzialableitung ist im Anschlusskasten auf eine spezielle Anschlussbuchse gelegt, von der das Messsignal über das Pfaudler-Anschlusskabel (s. Kap. 9.10) zum Messumformer bzw. zum Trennverstärker geführt wird.

Das pH-Email bildet zusammen mit der metallischen Ableitschicht die pH-sensitive Messelektrode.

Das Diaphragma, auch Schliff- oder Spaltdiaphragma genannt, befindet sich stirnseitig am Sondenrohrende. Das Diaphragma hat die Aufgabe zwischen dem Bezugssystem und dem Produkt eine leitfähige Verbindung herzustellen, gleichzeitig aber ein Vermischen von Produkt und Elektrolyt zu verhindern.

Das Diaphragma beim **Typ 03** wird gebildet aus einem geschliffenen Glaspuck und dem Sondenrohrende, das innen emailliert und geschliffen ist. Der Glaspuck wird in das Sondenrohrende eingeschrumpft. Die Kontaktfläche von Glaspuck und Sondenrohrende bildet den Diaphragmaspalt.

Das Diaphragma beim **Typ 04** wird gebildet aus einem geschliffenen Puck aus Stahl-Email mit Gewindebolzen, der sogenannten Diaphragmaschraube, und einer emaillierten und geschliffenen Ringfläche an der Stirnseite des Sondenrohrs. Die Diaphragmaschraube wird in die Stirnseite eingeschraubt. Die Kontaktfläche von Diaphragmaschraube und Sondenrohr bildet den Diaphragmaspalt.

Das Diaphragma steht auf seiner Außenseite mit der Messlösung (Produkt) in Verbindung. Da der Diaphragmaspalt elektrolytdurchlässig ist, entsteht über die Elektrolytstrecke eine leitfähige Verbindung zwischen dem Bezugssystem und dem Produkt.

Die Elektrolytstrecke besteht aus einem dünnen Kunststoffschlauch, der vom Sondenkopf zum Diaphragma führt. Der Kunststoffschlauch ist in einem Edelstahlrohr im Inneren der Sonde verlegt. Zur Entlüftung der Elektrolytstrecke befindet sich am Sondenkopf ein Entlüftungsventil.

Bei der Stabsonde **K** ist das Elektrolytgefäß (K-Gefäß) bereits auf dem Sondenkopf montiert. Bei der Stabsonde **N** wird das Elektrolytgefäß (N-Gefäß) vor Ort separat neben der Sonde montiert und über einen mitgelieferten Schlauch aus PP mit dem Sondenkopf verbunden.

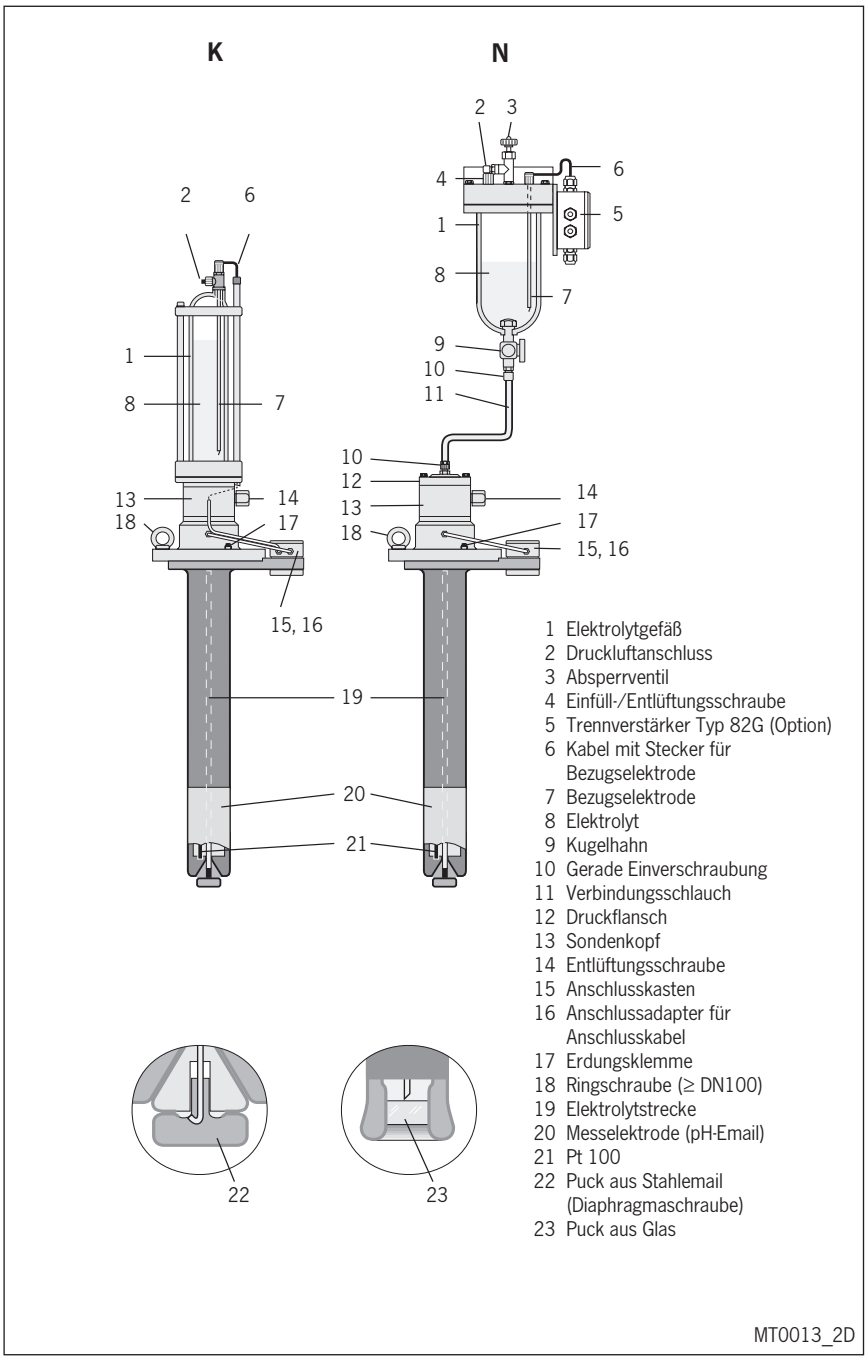
Die Bezugselektrode wird vor Ort in das Elektrolytgefäß eingebaut.

Das Elektrolytgefäß muss ständig mit Druckluft beaufschlagt werden. Damit wird gewährleistet, dass ständig Elektrolyt über die Elektrolytstrecke zum Diaphragma und von dort ins Produkt gelangen kann. Durch den ständigen Elektrolytfluss wird eine Verschmutzung des Diaphragmas vermieden. Außerdem wird verhindert, dass Produkt durch den Diaphragmaspalt in die Elektrolytstrecke eindringt und diese dadurch verstopft.

Bezugselektrode und Messelektrode, die über Elektrolytstrecke, Diaphragma und Produkt leitfähig miteinander verbunden sind, bilden zusammen die Messkette

Wenn die Sonde im Produkt eingetaucht ist, liefert die Messkette ein sehr hochohmiges, pH-abhängiges Potenzial, das mit einem geeigneten pH-Messumformer in ein pH-proportionales Normsignal umgewandelt wird.

Der gemessene pH-Wert wird beeinflusst von der Produkttemperatur, da die Steilheit einer Messkette temperaturabhängig ist, entsprechend der Nernst-Konstanten (s. Kap. 6.1). Um die Produkttemperatur zu messen, sind die Stabsonden mit einem Pt100 ausgerüstet. Somit besteht die Möglichkeit, den temperaturabhängigen Anteil der pH-Wertänderung im Messumformer automatisch zu kompensieren.



1 Elektrolytgefäß
2 Druckluftanschluss
3 Absperrventil
4 Einfüll-/Entlüftungsschraube
5 Trennverstärker Typ 82G (Option)
6 Kabel mit Stecker für Bezugselektrode
7 Bezugselektrode
8 Elektrolyt
9 Kugelhahn
10 Gerade Einverschraubung
11 Verbindungsschlauch
12 Druckflansch
13 Sondenkopf
14 Entlüftungsschraube
15 Anschlusskasten
16 Anschlussadapter für Anschlusskabel
17 Erdungsklemme
18 Ringschraube (≥ DN100)
19 Elektrolytstrecke
20 Messelektrode (pH-Email)
21 Pt 100
22 Puck aus Stahlemail (Diaphragmaschraube)
23 Puck aus Glas

Abb. 2 Bestandteile der Stabsonden

5.3 Aufbau und Funktionsweise der Stabsonden in Dualausführung

Die pH-Stabsonde in Dualausführung ist baugleich mit der pH-Sonde in Monoausführung, hat allerdings zwei getrennte Messsysteme mit je einer Messelektrode, je einem Pt 100 und je einer Anschlussbuchse. Standardmäßig wird die Dualsonde mit einem N-Gefäß mit zwei Bezugselektroden geliefert. Bei Bedarf können auch zwei Trennverstärker an das Elektrolytgefäß angebaut werden. Um zwei von einander unabhängige Messkreise zu erhalten, müssen zwei pH-Messumformer oder ein Dual-Messumformer nachgeschaltet werden. Die Verbindung zu den pH-Messumformern wird über zwei Pfaudler-Anschlusskabel hergestellt (s. Kap. 9.10). Die Funktionsweise von „Dualsonden“ ist identisch mit der von „Monosonden“.

5.4 Aufbau und Funktionsweise der Ringsonde

pH-Ringsonden aus Stahl-Email haben zwei Hauptbestandteile:

- **Messsonde**
- **Bezugssystem**

Die Messsonde besteht aus einem emaillierten Stahlteil mit der Messelektrode und dem Diaphragma. Das Bezugssystem besteht aus dem Elektrolytgefäß und der eingebauten Bezugselektrode. Die beiden Teile stehen über die so genannte Elektrolytstrecke miteinander in Verbindung. Die einzelnen Bestandteile werden im Verlauf des Kapitels noch näher beschrieben.

Bei der Ringsonde besteht die Messsonde aus einem emaillierten Stahlring, auf dessen Innenseite das pH-sensitive Email, im weiteren Verlauf der Betriebsanleitung **„pH-Email“** genannt, im Umfang von 300° auf eine metallische Ableitschicht aufgeschmolzen ist. Die Sensorfläche beträgt bei der Baugröße DN50 ca. 30 cm^2 und bei der Baugröße DN80 ca. 50 cm^2. Sondenkopf und Anschlusskasten sind seitlich am Ring angebaut.

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

Zur Potenzialableitung ist die Ableitschicht über ein im Email eingeschmolzenes Metallband mit dem Anschlusskasten verbunden. Ableitschicht und Metallband sind in das Email eingebettet und somit zum Stahl und zur Oberfläche hin hochohmig isoliert. Das Metallband zur Potenzialableitung ist im Anschlusskasten auf eine spezielle Anschlussbuchse gelegt, von der das Messsignal über das Pfaudler-Anschlusskabel (s. Kap. 9.10) zum pH-Messumformer bzw. zum Trennverstärker geführt wird.

Das pH-Email bildet zusammen mit der metallischen Ableitschicht die pH-sensitive Messelektrode.

Das Diaphragma, auch Schliff- oder Spaltdiaphragma genannt, befindet sich an der Innenfläche des Zwischenrings. Das Diaphragma hat die Aufgabe zwischen dem Bezugssystem und dem Produkt eine leitfähige Verbindung herzustellen, gleichzeitig aber eine Vermischung von Produkt und Elektrolyt zu verhindern. Das Diaphragma wird gebildet aus einem geschliffenen Glaspuck und einer emaillierten und geschliffenen Bohrung an der Innenseite der Ringsonde. Der Glaspuck wird in die Bohrung eingeschrumpft. Die Kontaktfläche von Glaspuck und Bohrung bildet den Diaphragmaspalt.

Das Diaphragma steht auf seiner Außenseite mit der Messlösung (Produkt) in Verbindung. Da der Diaphragmaspalt elektrolytdurchlässig ist, entsteht über die Elektrolytstrecke eine leitfähige Verbindung zwischen dem Bezugssystem und dem Produkt.

Die Elektrolytstrecke besteht aus einem dünnen Kunststoffschlauch, der vom Sondenkopf zum Diaphragma führt. Der Kunststoffschlauch ist in einer Bohrung im Sondeninneren verlegt. Zur Entlüftung der Elektrolytstrecke befindet sich am Sondenkopf ein Entlüftungsventil.

Bei der Ringsonde wird das Elektrolytgefäß (N-Gefäß) vor Ort separat neben der Sonde montiert und über einen mitgelieferten Schlauch aus PP mit dem Sondenkopf verbunden.

Die Bezugselektrode wird vor Ort in das Elektrolytgefäß eingebaut.

Das Elektrolytgefäß muss ständig mit Druckluft beaufschlagt werden. Damit ist gewährleistet, dass ständig Elektrolyt über die Elektrolytstrecke zum Diaphragma und von dort ins Produkt gelangen kann. Durch den ständigen Elektrolytfluss wird eine Verschmutzung des Diaphragmas vermieden. Außerdem wird verhindert, dass Produkt durch den Diaphragmaspalt in die Elektrolytstrecke eindringt und diese dadurch verstopft.

Bezugselektrode und Messelektrode, die über Elektrolytstrecke, Diaphragma und Produkt leitfähig miteinander verbunden sind, bilden zusammen die Messkette.

Wenn die Sonde im Produkt bedeckt ist, liefert die Messkette ein sehr hochohmiges, pH-abhängiges Potenzial, das mit einem geeigneten pH-Messumformer in ein pH-proportionales Normsignal umgewandelt wird.

Der gemessene pH-Wert wird von der Produkttemperatur beeinflusst, da die Steilheit einer Messkette temperaturabhängig ist, entsprechend der Nernst-Konstanten (s. Kap. 6.1). Um die Produkttemperatur zu messen, sind die Ringsonden mit einem Pt100 ausgerüstet. Somit besteht die Möglichkeit, den temperaturabhängigen Anteil der pH-Wertänderung im Messumformer automatisch zu kompensieren.

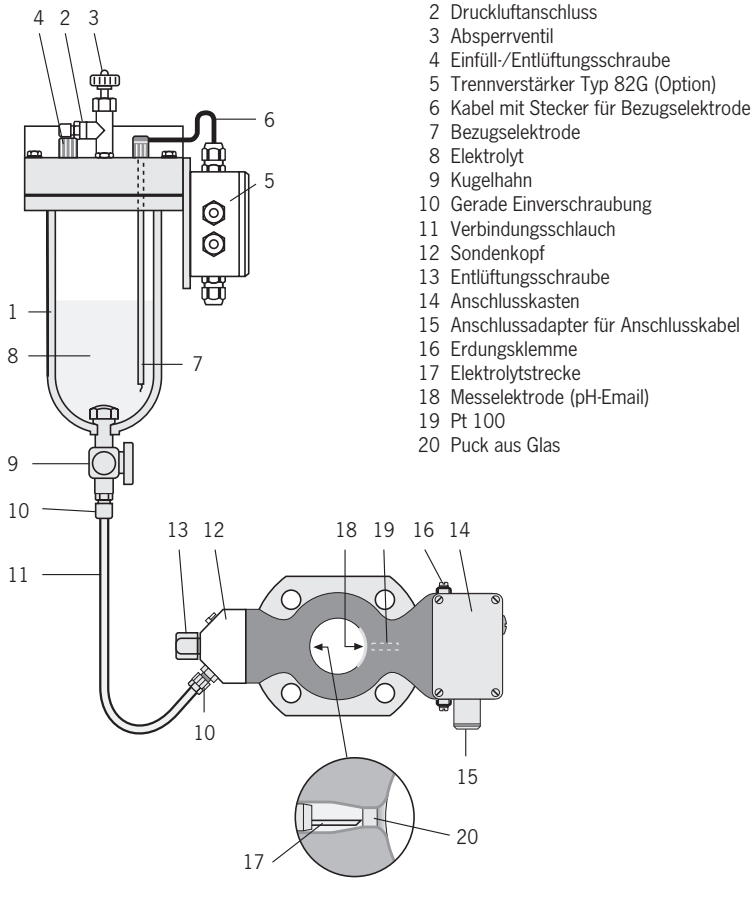


Abb. 3 Bestandteile der Ringsonde

5.5 Bezugselektroden

Für die hier erwähnten pH-Sonden gibt es zwei verschiedene Arten von Bezugselektroden:

- SilberAcetat-Elektroden, Kurzzeichen: AGAGel
- SilberChlorid-Elektroden, Kurzzeichen: AgAgCl

Die beiden Bezugselektroden unterscheiden sich durch Ihr Potenzial und ihre Lebensdauer. Durch das Potenzial der Bezugselektrode wird der Nullpunkt der Sonden entscheidend beeinflusst (s. Kap. 6.2).

Mit einer SilberAcetat-Elektrode liegt der Nullpunkt der Messkette bei pH 1,35 ±1 (s. Kap. 6.2). Der Isothermenpunkt unserer pH-Sonden liegt auch bei pH 1,35 ±1 (s. Kap. 6.3). Da die pH-Werte dieser beiden Kennwerte gleich sind, können beim Einsatz von SilberAcetat-Elektroden handelsübliche pH-Messumformer verwendet werden, wie sie für Glaselektroden üblich sind. Bei diesen pH-Messumformern kann nur ein Wert für Nullpunkt und Isothermenpunkt parametriert werden. Wichtig ist aber, dass am Messumformer der Nullpunkt im Bereich von pH 1,35 ±1 einstellbar ist.

Die Lebensdauer der SilberAcetat-Elektrode beträgt 12 Monate ab Auslieferungsdatum, unabhängig davon, ob als Elektrolyt KCl oder K_2SO_4 verwendet wird.

Mit einer SilberChlorid-Elektrode liegt der Nullpunkt der Messkette bei 8,65 ±1 pH (s. Kap. 6.2). Die pH-Werte von Nullpunkt und Isothermenpunkt sind somit nicht gleich. Beim Einsatz von SilberChlorid-Elektroden müssen Messumformer verwendet werden, bei denen Nullpunkt und Isothermenpunkt unabhängig von einander und frei parametrierbar sind.

Die Lebensdauer der SilberChlorid-Elektrode beträgt mindestens 24 Monate ab Auslieferungsdatum, wenn als Elektrolyt KCl verwendet wird. Wird K_2SO_4 verwendet so beträgt die Lebensdauer nur 12 Monate ab Auslieferungsdatum.

Die Bezugselektroden werden mit speziellen Schutzhülsen ausgeliefert, die sie gegen Austrocknung und Beschädigung schützen. Spätestens 6 Monate nach Auslieferung muss die Bezugselektrode eingesetzt werden, um eine frühzeitige Erschöpfung zu vermeiden.

Angaben zur Überprüfung der Bezugselektrode sind im Kapitel 11.4 zu finden.

5.6 Elektrolytgefäß

Für die hier erwähnten Sonden gibt es zwei verschiedene Elektrolytgefäße.

Elektrolytgefäß Ausführung **„K“**
Im weiteren Verlauf der Betriebsanleitung wird diese Ausführung **K-Gefäß** genannt

Elektrolytgefäß Ausführung **„N“**
Im weiteren Verlauf der Betriebsanleitung wird diese Ausführung **N-Gefäß** genannt

Hauptmerkmale des K-Gefäßes
Das K-Gefäß hat ein Füllvolumen von 0,7 l und kann nur bei der Stabsonde eingesetzt werden. Das Gefäß ist direkt auf dem Sondenkopf montiert. Oben am Gefäß ist ein T-Stück eingeschraubt. Am seitlichen T-Stück-Anschluss wird die Druckluft angeschlossen. Die Druckluft kann nicht am Gefäß abgesperrt werden, daher empfehlen wir in der Druckluftleitung ein Absperrventil einzubauen. Der obere T-Stück-Anschluss dient zum Befüllen des Gefäßes und zum Einbau der Bezugselektrode. Zum Nachfüllen von Elektrolyt muss daher zuerst die Bezugselektrode ausgeschraubt werden. Trennverstärker können nicht direkt an das Gefäß angebaut werden, sondern müssen separat, möglichst nahe zur Sonde montiert werden. Das K-Gefäß ist für einen Innendruck bis maximal 10 bar zugelassen. Ein höherer Innendruck ist nicht zulässig.

Hauptmerkmale des N-Gefäßes
Das N-Gefäß hat ein Füllvolumen von 1,7 l und kann sowohl bei der Stabsonde als auch bei der Ringsonde eingesetzt werden. Das Gefäß wird separat neben der Sonde montiert und mit einem, im Lieferumfang enthaltenen Schlauch aus PP mit der Sonde verbunden.

Für den Druckluftanschluss ist oben auf dem Gefäßdeckel ein Absperrventil eingeschraubt. Bei Gefäßen, die ab 2003 ausgeliefert wurden, ist in das Absperrventil noch ein zusätzliches Rückschlagventil integriert. In der Montageplatte befinden sich drei Gewindebohrungen, eine für die Befüllung mit Elektrolyt und zwei für den Einbau von Bezugselektroden. (Eine zweite Bezugselektrode ist nur bei Dualsonden erforderlich.) An der Unterseite des Gefäßes sitzt ein Kugelhahn, um bei Bedarf die Elektrolytzufuhr zur Sonde absperren zu können. Es können bis zu zwei Trennverstärker direkt an das Gefäß angebaut werden. Das N-Gefäß ist für einen Innendruck bis maximal 10 bar zugelassen. Als Sonderausführung ist auch eine Ausführung bis maximal 16 bar Innendruck lieferbar. Maßgebend für den maximal zulässigen Innendruck sind die Angaben auf dem Typenschild.

5.7 Elektrolyt

Für die hier erwähnten Sonden stehen zwei verschiedene Elektrolyte zur Verfügung:

- Kaliumchlorid **KCl**
- Kaliumsulfat **K_2SO_4**

Aufgrund unserer jahrzehntelangen Erfahrung wissen wir, dass KCl für unsere Sonden am besten geeignet ist. Daher empfehlen wir standardmäßig immer KCl einzusetzen. Nur wenn KCl ungeeignet ist, z.B. dann, wenn kein Chlorid ins Produkt gelangen darf oder wenn das KCl mit dem Produkt reagiert, kann auch K_2SO_4 eingesetzt werden.

Die Elektrolyte sind standardmäßig im Temperaturbereich von –5 bis +140 °C einsetzbar. Innerhalb dieser Grenzen können die Elektrolyte im Elektrolytgefäß und in der Sonde bleiben. Eine pH-Messung ist bei Minustemperaturen jedoch nicht mehr möglich, da die Messung zu träge wird. Auf Anfrage sind die Elektrolyte auch mit Zusätzen lieferbar, die es erlauben, die Sonden bis zu einer Temperatur von –30 °C im Behälter oder in der Rohrleitung zu belassen.

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

5.8 Technische Daten

Steilheit der Messkette:	57,2 ±2 mV/pH bei 25 °C
Nullpunkt der Messkette mit SilberAcetat-Bezugselektrode:	1,35 ±1 pH
Nullpunkt der Messkette mit SilberChlorid-Bezugselektrode:	8,65 ±1 pH
Potenzial der Messkette mit SilberAcetat-Bezugselektrode:	+200 bis −800 mV
Potenzial der Messkette mit SilberChlorid-Bezugselektrode:	+600 bis −400 mV
Isothermenpunkt:	bei 1,35 ±1 pH
Innenwiderstand der Messkette:	10^8 - 10^9 Ω bei 25 °C
Diaphragmawiderstand:	ca. 50 kΩ
Isolationswiderstand:	≥ 10^{12} Ω
innere Kapazität (mit Anschlusskabel):	≤ 10 nF
	innere Induktivität (mit Anschlusskabel): vernachlässigbar klein
zulässige Betriebstemperatur:	0-140 °C
	Einsatz im Tieftemperaturbereich bis −30 °C*
zulässiger Betriebsüberdruck:	−1/+9 bar oder −1/+15 bar
	(Angaben auf dem Typenschild sind maßgebend)
max. Umgebungstemperatur:	50 °C
Thermoschockbeständigkeit ΔT:	120 °C
Temperaturmessung:	mit Pt100
Beständigkeit:	siehe Abb. 5

Elektrische Daten bei Betrieb im Ex-Bereich:

Erforderliche Zündschutzart bei Kategorie 2-Betriebsmittel	Ex ia IIC
Versorgungs- und Signal-Stromkreis	Nur zum Anschluss an einen bescheinigten, eigensicheren Stromkreis. L_i vernachlässigbar klein C_i vernachlässigbar klein
Erforderliche Zündschutzart bei Kategorie 1/2-Betriebsmittel	Ex ia IIB
Versorgungs- und Signal-Stromkreis	Nur zum Anschluss an einen bescheinigten, eigensicheren Stromkreis. Für die Sensoren auf einem gemeinsamen Sondenträger gelten die folgenden Höchstwerte für die Messstromkreise: U_i = 30 V I_i = 100 mA L_i (Sonde) vernachlässigbar klein C_i (Sonde) vernachlässigbar klein $C_{Anschlusskabel}$ ≤ 10 nF Die Summe der höchstzulässigen Induktivitäten in den Versorgungsstromkreisen beträgt 11 mH. Die Summe der höchstzulässigen Kapazitäten in den Versorgungsstromkreisen beträgt 180 nF.
EG-Baumusterprüfbescheinigung:	PTB 03 ATEX 2207 X

* Bei Temperaturen bis −30 °C mischen Sie bitte Standardelektrolyt 1:1 mit Ethylenglykol

6 Messtechnische Kennwerte

6.1 Steilheit der Messkette

Die Steilheit S einer pH-Sonde ist wie folgt definiert:

$$\mathbf{S = \Delta E / \Delta pH}$$

$\Delta\mathbf{E}$ = Potenzialänderung der pH-Sonde
$\Delta\mathbf{pH}$ = pH-Änderung der Messlösung

Die theoretische Steilheit einer pH-Messsonde beträgt 59,2 mV/pH bei 25 °C. In der Praxis wird dieser Wert bedingt durch bauart- und fertigungsbedingte Faktoren nicht erreicht. Die Steilheit unserer Emailsonde beträgt im Schnitt 57,5 mV/pH bei 25 °C. Um die Steilheit der Sonde mit der Steilheit anderer Sonden vergleichen zu können, wird der Wert immer bezogen auf die Standardtemperatur von 25 °C angegeben.

Bedingt durch physikalische Eigenschaften der Messelektrode (pH-Email) ist die Steilheit der Sonde temperaturabhängig. Die Steilheit ändert sich entsprechend der **Nernst-Konstanten** mit **0,1983 mV pro 1 °C und pro 1 pH.**

Mit den heute üblichen pH-Messumformern kann dieser Temperatureinfluss kompensiert werden. Dazu muss der Messumformer die Temperatur der Messlösung (Produkt) messen und die wichtigsten Kennwerte der Sonde – Steilheit, Nullpunkt und Isothermenpunkt – müssen im Messumformer eingegeben (parametriert) werden (s. Kap. 10.5).

Jede Sonde wird vor der Auslieferung geprüft und ausgemessen. Die gemessene Steilheit wird im mitgelieferten Prüfbericht angegeben (nomineller Wert). Dieser nominelle Wert der Steilheit wird im Messumformer eingegeben, damit die temperaturabhängige Änderung des pH-Wertes berechnet und kompensiert werden kann.

Bei jeder Zweipunktkalibrierung wird die Steilheit neu berechnet. Dieser neu berechnete „aktuelle Wert" wird dann im Messumformer für die aktuelle pH-Messung verwendet.

Die Steilheit von emaillierten pH-Sonden bleibt über die gesamte Lebensdauer konstant, d. h. die Sonden altern nicht. Eine regelmäßige Nachkalibrierung der emaillierte pH-Sonden ist daher nicht notwendig.

6.2 Nullpunkt der Messkette

Der Nullpunkt einer Messkette ist der pH-Wert, bei dem die Messkettenspannung (das Gesamtpotenzial) gleich Null ist. Das Gesamtpotenzial setzt sich im Wesentlichen aus der Summe der Einzelpotenziale von Mess- und Bezugselektrode zusammen. Der Nullpunkt wird durch die Art der Bezugselektrode, und damit durch das Potenzial der Bezugselektrode entscheidend beeinflusst.

Für die hier erwähnten Sonden gibt es zwei verschiedene Arten von Bezugselektroden (s. Kap. 5.5):

- Mit einer SilberAcetat-Elektrode liegt der Nullpunkt der Messkette bei pH $1{,}35 \pm 1 = \mathbf{pH_0}$.
- Mit einer SilberChlorid-Elektrode liegt der Nullpunkt der Messkette bei pH $8{,}65 \pm 1 = \mathbf{pH_0}$

Jede Sonde wird vor der Auslieferung geprüft und ausgemessen. Der gemessene Nullpunkt wird im mitgelieferten Prüfbericht angegeben (nomineller Wert). Dieser nominelle Wert des Nullpunktes wird im Messumformer eingegeben, damit die temperaturabhängige Änderung des pH-Wertes berechnet und kompensiert werden kann.

Bei jeder Kalibrierung wird der Nullpunkt neu berechnet. Dieser neu berechnete „aktuelle Wert" wird dann im Messumformer für die aktuelle pH-Messung verwendet.

Bei der Parametrierung des Messumformers ist darauf zu achten, dass entsprechend der eingesetzten Bezugselektrode der dazugehörige Nullpunkt eingegeben werden muss.

6.3 Isothermenschnittpunkt

Wird das Gesamtpotenzial einer Messkette in Abhängigkeit vom pH-Wert einer Messlösung (Produkt) für eine bestimmte, konstante Temperatur der Messlösung in einem Diagramm dargestellt, so erhält man eine Gerade, die als „Isotherme" bezeichnet wird. Die Steilheit der Isotherme ist temperaturabhängig (s. Kap. 6.1). Zwei Isothermen, die bei zwei unterschiedlichen Produkttemperaturen ermittelt wurden, haben jeweils eine unterschiedliche Steilheit (Steigung) und somit einen Schnittpunkt.

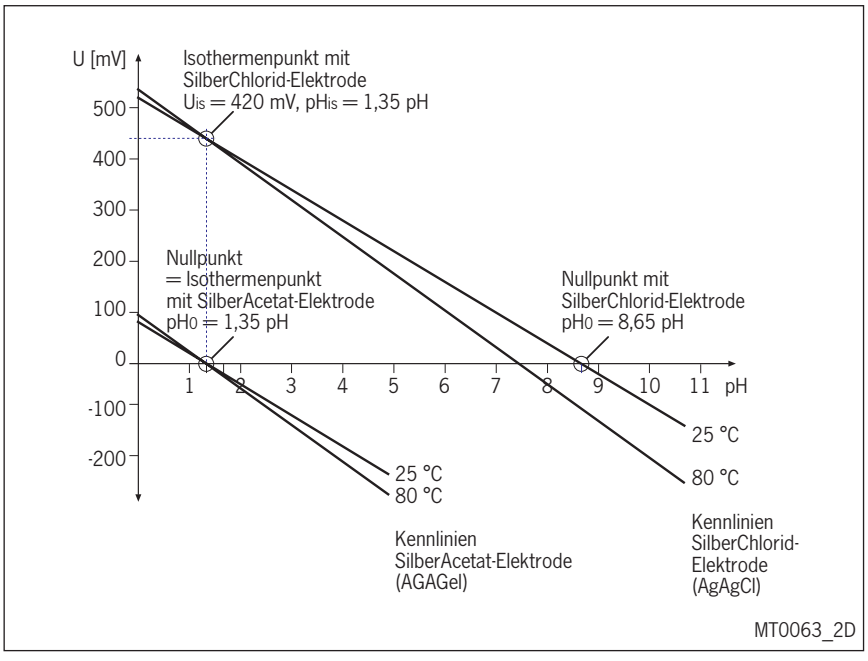


Abb. 4 Isothermenschnittpunkt

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

Der Schnittpunkt zweier Isothermen wird als Isothermenschnittpunkt bezeichnet, im weiteren Verlauf der Betriebsanleitung Isothermenpunkt genannt.

Die Koordinaten des Isothermenpunktes im Isothermen-Diagramm werden mit $\mathbf{pH}_{is}$ und $\mathbf{U}_{is}$ bezeichnet.

Bei den hier erwähnten pH-Sonden liegt der Isothermenpunkt bei pH 1,35 ±1 = $\mathbf{pH}_{is}$. Dieser Wert bleibt über die Lebensdauer der Sonde konstant.

Der Wert von $\mathbf{U}_{is}$ ist abhängig von der eingesetzten Bezugselektrode.

Der Isothermenpunkt muss im Messumformer parametriert werden, damit die temperaturabhängige Änderung des pH-Wertes berechnet und kompensiert werden kann.

Bei Verwendung einer SilberAcetat-Elektrode sind die pH-Werte von Isothermenpunkt und Nullpunkt **gleich**. Daher muss der Isothermenpunkt bei Verwendung einer SilberAcetat-Elektrode nicht parametriert werden. Es muss nur der im mitgelieferten Prüfbericht angegebene nominelle Wert des Nullpunktes im Messumformer eingegeben werden.

Bei Verwendung einer SilberChlorid-Elektrode sind die pH-Werte von Isothermenpunkt und Nullpunkt **nicht gleich**. Daher muss der Isothermenpunkt bei Verwendung einer SilberChlorid-Elektrode im Messumformer parametriert werden. Abhängig vom eingesetzten Messumformer ist für den Isothermenpunkt einer der beiden Koordinaten $\mathbf{U}_{is}$ oder $\mathbf{pH}_{is}$ einzugeben. Deren nominellen Werte sind im mitgelieferten Prüfbericht angegeben. Wenn diese Werte nicht zur Hand sind, reicht es aus, stattdessen folgende Werte zu verwenden:

$\mathbf{U}_{is}$ = 420 mV oder $\mathbf{pH}_{is}$ = 1,35 pH

Bei manchen Geräten müssen auch beide Werte eingegeben werden.

Bei höheren Anforderungen an die Messgenauigkeit, insbesondere bei höheren Temperaturen, empfehlen wir, mit dem gemessenen Isothermenpunkt zu arbeiten. Der Isothermenpunkt kann bei uns im Werk (als Option gegen Berechnung) ermittelt werden.

6.4 Widerstand der Messkette

Ein möglichst niedriger Messelektrodenwiderstand ist Voraussetzung für kurze Ansprechzeiten. Dabei muss der Widerstand der Messelektrode kleiner sein, als der Isolationswiderstand zwischen der Messelektrode und dem Sondenkörper. Diese Forderung erfüllt ein relativ niederohmiges pH-Email in Verbindung mit einem hochohmigen Schutzemail. Der emaillierte Sondenkörper aus Stahl ist zur Ableitung elektrischer Streufelder geerdet.

Widerstände bei 25 °C

- Messelektrode:
  abhängig vom Sondentyp 10^8 - 10^9 Ω
- Bezugselektrode: max. 200 kΩ
- Isolation: ≥ 10^{12} Ω

6.5 Diaphragmawiderstand

Der Widerstand des Diaphragmas liegt im Schnitt bei 50 kΩ, max. zulässig sind 200 kΩ. Der Schliff des Diaphragmas ist für minimale Durchlässigkeit (Verlustrate) des Elektrolyten ausgeführt. Bedingt durch den Überdruck im Elektrolytsystem ist die Gefahr einer Verschmutzung am Diaphragma sehr gering, entsprechend gering ist daher auch die Gefahr, dass sich Diffusionspotenziale am Diaphragma bilden.

Das Gesamtpotenzial und somit der pH-Wert wird durch den Diaphragmawiderstand nicht oder nur sehr geringfügig beeinflusst.

6.6 Messfehler

Der Messfehler von ±0,1 pH resultiert aus der von uns angegebenen Toleranz des Messkettennullpunktes von ca. ±1 pH gegenüber dem Isothermenpunkt. Durch Ermittlung des Isothermenpunktes und Kompensation der Differenz im Messumformer kann die Genauigkeit der Messung noch verbessert werden. Der Isothermenpunkt kann bei uns im Werk (als Option gegen Berechnung) ermittelt werden.

6.7 Alkalifehler

Der zulässige Messbereich erstreckt sich vom niedrigsten pH-Wert bis pH 10. Über pH 10 verursacht der Alkalifehler eine Abweichung, die mit zunehmender Temperatur und N_a^+-Konzentration steigt.

6.8 Zeitverhalten bei pH-Änderung

Elektrochemische Vorgänge an der Messelektrodenoberfläche und die Zeitkonstante des Messkreises bestimmen das Zeitverhalten der Messsonde bei pH-Änderungen. Bis hin zu stark alkalischen Werten stellt sich das elektrochemische Gleichgewicht so schnell ein, dass der Einfluss der elektrischen Größen des Messkreises auf die Einstellzeiten überwiegt.

Die Anzeigegeschwindigkeit bei sprunghaften Änderungen des pH-Wertes beschränkt im Allgemeinen den Messeinsatz nicht. Die Endanzeige wird meist nach einigen Sekunden erreicht. Lediglich über pH 8 dauert es ca. eine Minute bis die Endeinstellung erreicht ist. Diese auch bei Glaselektroden auftretende Verzögerung wird durch Ionenaustauschprozesse an der Elektrodenoberfläche verursacht.

6.9 Zeitverhalten bei Temperaturänderungen

Auch bei pH-Messungen mit sich ändernden Produkttemperaturen soll sich das Potenzial der pH-Sonde möglichst hysteresefrei einstellen.

Konstruktiv bedingt reagiert die Messelektrode bei Temperaturschwankungen schneller als das Pt100 in der Sonde. Die hierdurch verursachte maximale Abweichung liegt bei einer Temperaturänderung bis zu 1 °C/min unter 0,1 pH. Voraussetzung dafür ist, dass der genaue Isothermenpunkt der Messkette im Messumformer eingegeben wird. Der Isothermenpunkt kann bei uns im Werk (als Option gegen Berechnung) ermittelt werden.

7 Einsatzgrenzen

7.1 Chemische Beständigkeit

Als beständig gilt Email, wenn der Korrosionsabtrag pro Jahr weniger als 0,1 mm beträgt. Bei diesem Wert handelt es sich um einen Durchschnittswert, der in Versuchen nach DIN-ISO ermittelt wird und in sogenannten ISO-Korrosionskurven dargestellt wird. Für die Beständigkeit unserer pH-Sonden ist das gelbe, pH-sensitive Email (pH-Email) maßgebend, da dieses Email eine geringere Beständigkeit als unser Pfaudler Standard-Email aufweist. Eine genaue Aussage zur Beständigkeit kann nur getroffen werden, wenn der Anwendungsfall bekannt ist und Korrosionsversuche durchgeführt wurden. Weitere Angaben hierüber finden Sie in unserer Druckschrift 614 „Pfaudler Werkstoffe im Stahlverbund".

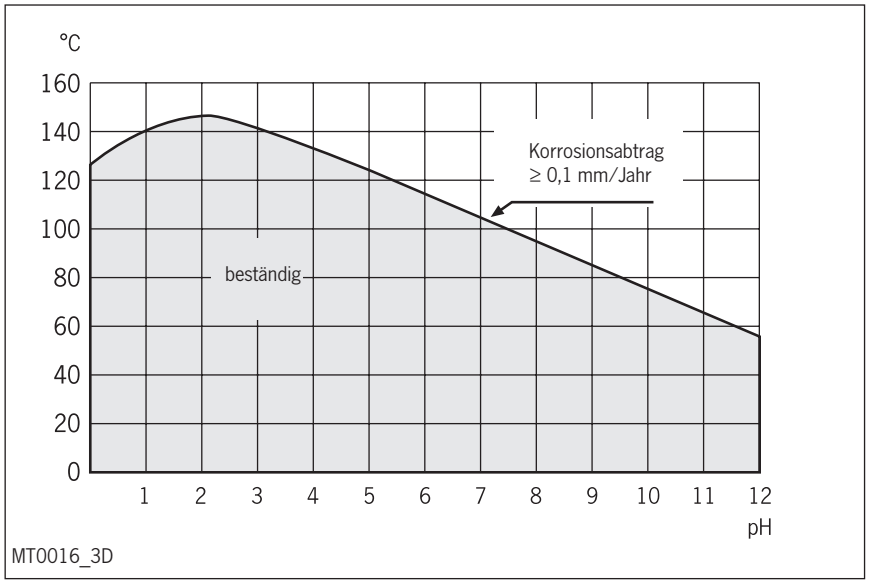


Abb. 5 ISO-Korrosionskurve von pH-Email

7.2 Temperatur

Die zulässige Produkttemperatur ist abhängig vom pH-Wert. Die maximal zulässige Produkttemperatur beträgt 140 °C . Den zulässigen Temperatureinsatzbereich entnehmen Sie der Abbildung 6.

Bei Produkttemperaturen über 100 °C ist der Druck in der Elektrolytstrecke über den Dampfdruck zu erhöhen, um das Sieden des Elektrolyts zu vermeiden und eine Unterbrechung der Elektrolytstrecke durch Gasblasen zu verhindern. Wegen des ansteigenden Messelektrodenwiderstandes bei fallender Temperatur und der damit verbundenen Anzeigeverzögerung liegt die untere Temperaturgrenze bei 0 °C. Die pH-Sonden können jedoch bedingt durch die Zusammensetzung des Elektrolyts bis –5 °C im Reaktor bleiben. Bei Temperaturen bis –30 °C mischen Sie bitte Standardelektrolyt 1:1 mit Ethylenglykol (siehe hierzu auch Tabelle 5.8 auf Seite 9.)

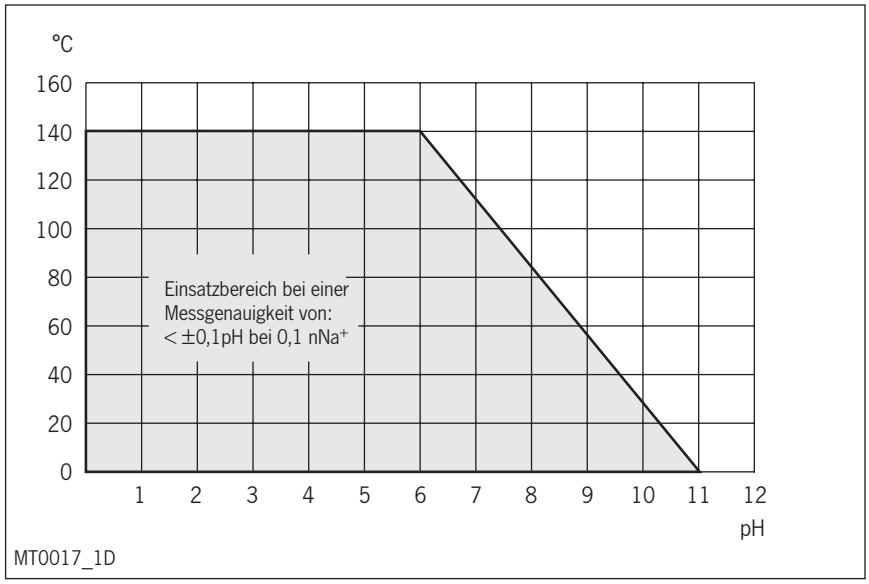


Abb. 6 Einsatzbereich der pH-Sonden

Die Email pH-Sonde ist temperaturschockfest bis ΔT max. 120 °C (Temperaturdifferenz Produkt – Sonde). Nach den ersten 5 - 10 Temperaturwechseln kann es jedoch zu einer geringen Nullpunktverschiebung kommen, die mit einer Einpunktkalibrierung (s. Kap. 10.10) behoben werden kann.

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

7.3 pH-Bereich

Den pH-Einsatzbereich entnehmen Sie bitte der Abbildung 6. Einschränkungen ergeben sich durch die chemische Beständigkeit (s. Kap. 7.1) und durch den Alkalifehler (s. Kap. 6.7). Längerer Einsatz im hochalkalischen Bereich ist zu vermeiden, da die Sonden sonst im neutralen und sauren Bereich anfänglich eine längere Einstellzeit benötigen. Im pH-Bereich unter pH 8 regeneriert sich die Sonde sehr schnell wieder bei Temperaturen über 50 °C.

7.4 Druck

Sonden mit Flanschen bis einschließlich DN150 sind für einen Betriebsdruck von –1 bis +15 bar geeignet. Sonden mit Flanschen ab DN200 sind für einen Betriebsdruck von –1 bis +10 bar geeignet Ein höherer Betriebsdruck ist nicht zulässig.

Die Elektrolytgefäße sind standardmäßig für einen maximalen Innendruck von 10 bar zugelassen. Das N-Gefäß ist, als Sonderausführung, auch für einen maximalen Innendruck von 16 bar lieferbar.

Die Angaben auf dem Typenschild sind maßgebend, für welche Druckstufe ein Elektrolytgefäß geeignet ist. Ein höherer Innendruck ist nicht zulässig.

Im Betrieb muss der Druck in der Sonde (= Druck im Elektrolytgefäß) mindestens 1 bar über dem maximal möglichen Betriebsdruck bzw. dem temperaturabhängigen Dampfdruck in der Sonde liegen. So ist sichergestellt, dass kein Produkt durch den Diaphragmaspalt in die Sonde eindringen kann und das Elektrolytsystem verstopft. Außerdem wird so gewährleistet, dass der Diaphragmaspalt immer mit Elektrolyt benetzt bleibt. Eine Druckregelung ist nicht notwendig. Einmal auf den höchsten Prozessdruck eingestellt, ist ein Anpassen des Sondeninnendrucks nicht nötig. Ein Differenzdruck von mehr als 1 bar ist zulässig, jedoch nur bis zum max. Innendruck, führt aber zu einem höherem Elektrolytverbrauch.

Beispiele für die richtige Druckeinstellung:

1. Druck im Behälter: **4 bar max.**
   Dampfdruck: **1 bar** bei 100 °C Betriebstemperatur
   Mindestinnendruck: **5 bar**

2. Druck im Behälter: **2 bar** max.
   Dampfdruck: **4 bar** bei 140 °C Betriebstemperatur
   Mindestinnendruck: **5 bar**

⚠ Wenn die Sonde im Behälter oder in der Rohrleitung unter Prozessdruck steht, muss sichergestellt sein, dass der Druck im Elektrolytsystem ständig um mindestens 1 bar über dem Prozessdruck liegt. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Produkt durch den Diaphragmaspalt in die Sonde eindringt und die Elektrolytstrecke verstopft.

7.5 Ungeeignete Produkte

- In wasserfreien Produkten (Wasseranteil < 1 %) ist eine zuverlässige pH-Messung nicht möglich.
- Alle fluoridhaltigen Produkte unter pH 6 führen zu starker Korrosion.
- Produkte die stark hygroskopisch (wasserbindend) sind und die Überlagerung des leeren Reaktors oder der Rohrleitung mit trockenem Stickstoff führen zur Entwässerung der Quellschicht und damit zum Verlust der Steilheit, der jedoch durch Formierung der pH-Sonde beseitigt werden kann (s. Kap. 10.2).

8 pH-Messumformer und Zubehör für pH-Sonden

8.1 Liste der von Pfaudler zugelassenen pH-Messumformer

Als pH-Messumformer dürfen nur geeignete Geräte verwendet werden, die folgende Merkmale erfüllen müssen:

- Der Eingang muss hochohmig sein, $R_i \geq 10^{12}\,\Omega$
- Der für die Sonde gültige Nullpunkt und der Isothermenpunkt müssen parametrierbar sein.

Freigegeben sind:

Knick:	71(X) pH mit Option 356*
	73 pH mit Option 356*
	74 pH mit Option 356*
	76(X) pH mit Option 356*
	77(X) pH mit Option 356*
	PROTOS 3400(X) mit Modul pH
Siemens:	Sipan 3 P
	Sipan 32 (X)
	Sipan 34
Yokogawa:	EXA pH 200
	EXA pH 202
	EXA pH 400
	EXA pH 402
E+H:	Mypex CPM 340
	Mykom CPM 121/151/ 152/221/252/431
Polymetron:	Monec 9135
Rosemount:	Model 54 pH

Die Programmierung der Messumformer erfolgt nach den Betriebsanleitungen der Hersteller.

* nomineller Nullpunkt und nominelle Steilheit sind parametrierbar

⚠ Wenn die Sonde im Produkt eingetaucht ist, dürfen der Messumformer oder der Trennverstärker nicht länger als 1-2 Stunden vom Netz getrennt werden. Ansonsten kann es durch Polarisation zu einer Nullpunktverschiebung kommen, die außerhalb des Einstellbereiches des Messumformers liegt. Sollte eine längere Trennung erforderlich sein, so ist unbedingt der Messstromkreis an der Sonde zu unterbrechen, entweder durch Abziehen des Steckers an der Bezugselektrode oder am Anschlusskasten der Sonde.

8.2 Trennverstärker

Zwischen der Sonde und dem Messumformer soll aus Gründen der Betriebssicherheit und zur Minimierung von Störungen ein Trennverstärker geschaltet werden. Dieser bewirkt eine galvanische Trennung von Eingang und Ausgang sowie eine Impedanzwandlung. Der Eingangswiderstand liegt bei $10^{13}\,\Omega$. Der Ausgangswiderstand beträgt ca. $5\,\Omega$. Bei Einsatz der Sonden in Behältern, Apparaten oder Rohrleitungen aus isolierenden Werkstoffen können beim Vorhandensein von Lösungsmitteln hohe Potenzialdifferenzen auftreten, die eine Messung ohne Trennverstärker unmöglich machen. Wird ein Trennverstärker mitbestellt, so wird bei N-Sonden der Trennverstärker bereits werkseitig am Elektrolytgefäß N angebaut. Bei K-Sonden muss der Trennverstärker kundenseitig, möglichst nahe an der Sonde montiert werden. Der Trennverstärker wird von einem externem Speisegerät bzw. einem Messumformer mit internem Speisegerät versorgt. Am niederohmigen Ausgang des Trennverstärkers lassen sich alle von Pfaudler zugelassenen Messumformer anschließen.

8.3 Speisegerät

Für die Versorgung des Trennverstärkers können handelsübliche Speisegeräte eingesetzt werden, die die erforderliche Leistung 8,5 V/10 mA, abgeben können. Wenn Ex-Schutz erforderlich ist, müssen Speisegeräte mit eigensicherem Ausgang eingesetzt werden. Wir empfehlen das Speisegerät Typ WG10A7 von Knick.

8.4 Integrator

Störimpulse auf der Leitung vom Trennverstärker zum pH-Messumformer, verursacht durch elektrische oder magnetische Felder oder durch schnelle und große pH-Änderungen im Produkt, können durch einen RC-Integrator, der direkt am Eingang des Messumformers angeschlossen wird, beseitigt bzw. gedämpft werden (Halbwertzeit ca. 2 s). Der Integrator darf im eigensicheren Messstromkreis verwendet werden, wenn die zulässige äußere Kapazität nicht überschritten wird. Die Integratorkapazität beträgt 0,33 µF (Teile-Nr. 068 262-).

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

9 Einbau und elektrischer Anschluss der Sonden

9.1 Einbau der Stabsonde in den Behälter

Vor dem Einbau der Stabsonde in den Behälter ist zu prüfen, ob genügend Abstand zum Rührwerk bzw. zur Behälterwand vorhanden ist. Falls notwendig, sind geeignete Distanzstücke oder Reduzierflansche zu verwenden.

Die Stabsonde K darf nur senkrecht mit dem Elektrolytgefäß nach oben, und in Lagen bis 45° davon abweichend, eingebaut werden.

Die Stabsonde N kann in allen Lagen eingebaut werden, da durch den Überdruck im Elektrolytgefäß jederzeit gewährleistet ist, dass unabhängig von der Einbaulage der Sonde, Elektrolyt vom Elektrolytgefäß zur Sonde fließen kann.

Je nach Länge sind die Stabsonden mit Flanschen DN50, DN80, DN100, DN150 und DN200 ausgeführt. Für Stutzen mit Nennweiten zwischen diesen Werten sind Reduzierflansche in Spezialausführung lieferbar.

Für Behälter, die nicht der DIN 28136 entsprechen, sind die Sonden nicht immer in der passenden Länge lieferbar. In diesen Fällen muss eine längere Sonde mit einem Distanzstück eingebaut werden, um auf die optimale Eintauchlänge zu kommen (s. Tab. 3). In unklaren Fällen ist eine Rücksprache mit dem Werk zu empfehlen. Passende Distanzstücke sind lieferbar.

⚠ Bei Verwendung eigener Reduzierflansche ist darauf zu achten, dass der Deckel, der die Kontaktzone unter dem Anschlusskasten abdeckt, nicht auf dem Reduzierflansch aufliegt (s. Abb. 7). Bei Nichtbeachtung kann das Email an der Flanschunterseite beschädigt und die einemaillierten Metallbänder unterbrochen werden.

Montageablauf:

- ▼ Flanschdichtung auflegen.
- ▼ Elektrodenschutzkappe entfernen.
- ▼ Den Stutzen und die Sonde durch Einlegen eines Tuches oder einer PTFE-Schürze vor Beschädigungen schützen. Messsonde langsam durch den Stutzen einführen. Pendelbewegungen vermeiden.
- ▼ Flanschverbindungen mit dem vorgeschriebenen Drehmoment (s. Tab. 1) über Kreuz und gleichmäßig anziehen.

⚠ Messsonden des Typs 04 dürfen nicht auf die Diaphragmaschraube aufgesetzt werden!

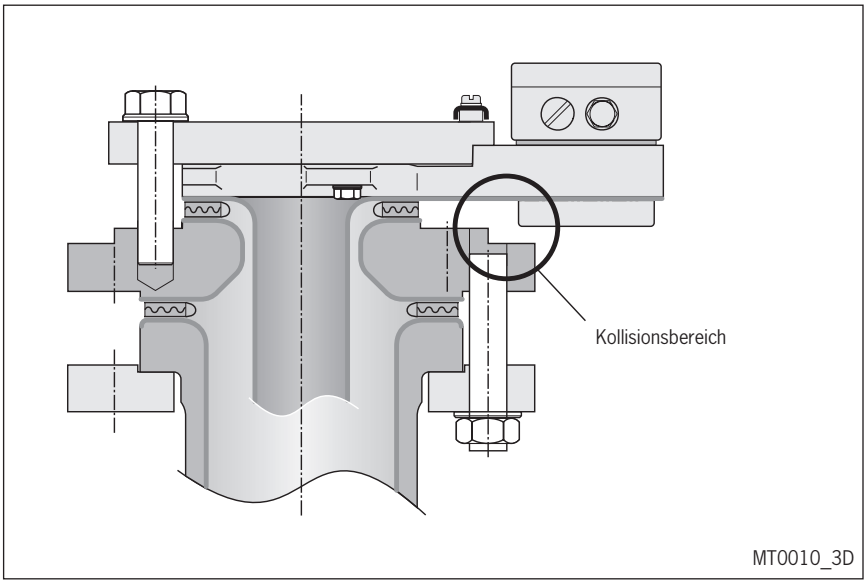


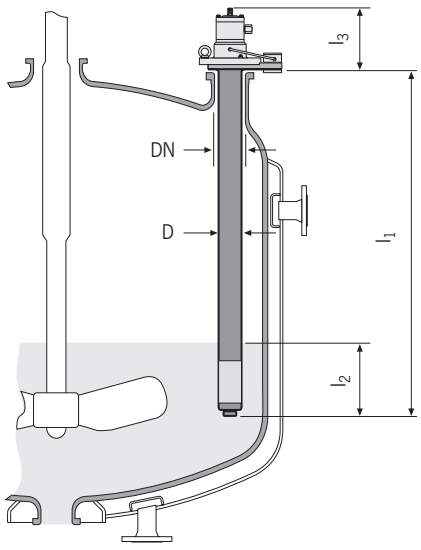
Abb. 7 Einbausituation mit Reduzierflansch

Tabelle 1 Anzugsmomente bei Losflanschverbindungen

		Max. Anzugsmomente in Nm bei zulässigen Betriebsdrücken von:	
Flansch	**Schrauben**	**–1 bis +10 bar**	**–1 bis +16 bar**
DN50	4 x M16	30	30
DN80	8 x M16	35	35
DN100	8 x M16	35	35
DN150	8 x M20	40	40
DN200	8 x M20	55	

Tabelle 2 Hauptabmessungen der Sonden mit Zuordnung zu DIN-Rührbehältern

Behältertyp	Stutzen		Sonden-Abmessungen				Mindest-Volumen	
	DN	Bezeichnung	**D x l_1** [mm]	**l_2** [mm]	**l_3** **K** [mm]	**l_3** **N** [mm]	[l]	[%]
–	50	–	38 (46) x 300	140	485	200	–	–
AE 63	50	N8*	38 (46) x 450	140	485	200	55	87
AE 100	50	N8*	38 (46) x 670	140	485	200	68	68
AE 160	50	N2 N10	38 (46) x 670	140	485	200	100	62
AE 250	50	N2 N10	38 (46) x 800	140	485	200	137	55
AE 400	80	N2 N10	38 (46) x 950	140	485	200	214	53
AE 630	100	N2 N10	83 x 1150	180	500	215	258	41
AE 1000	100	N2 N3	83 x 1400	180	500	215	303	30
AE/BE 1600	100	N10	83 x 1600	180	500	215	454	28
CE 1600	100	N3	83 x 1400	180	500	215	477	30
AE/BE 2500	100	N2 N3	83 x 1800	180	500	215	688	27
CE 2500	100	N2 N3	83 x 1600	180	500	215	348	14
AE/BE 4000	150	N2 N3	83 x 2000	180	505	220	1345	33
CE 4000	150	N2 N3 N10	83 x 2000	180	505	220	859	21
AE/BE 6300	150	N10	127 x 2500	180	505	220	1762	28
CE 6300	150	N2 N3 N10	127 x 2500	180	505	220	1244	20
BE 8000 ø 2000	150	N2 N3 N10	127 x 3000	180	505	220	1432	18
CE 8000 ø 2000	150	N2 N3 N10	127 x 2850	180	505	220	1229	15
BE/CE 8000 ø 2200	150	N2 N3 N8 N10	127 x 2500	180	505	220	1689	21
BE/CE 10000	200	N2 N3 N8 N10	180 x 2700	180	515	230	1764	18
BE 12500	200	N2 N3 N6 N8 N10	180 x 3200	180	515	230	2154	17
CE 12500	200	N2 N3 N6 N8 N10	180 x 2700	180	515	230	4319	34
BE/CE 16000 ø 2600	200	N2 N3 N6 N8 N10	180 x 3200	180	515	230	3967	24
BE/CE 16000 ø 2800	200	N2 N6 N8 N10	180 x 3200	180	515	230	1944	12
BE/CE 20000	200	N2 N6 N8 N10	180 x 3200	180	515	230	6055	30



l_1 = Einbaulänge
l_2 = Mindesteintauchtiefe
l_3 = Höhe ab Flanschunterseite (Ausführung K/N)
D = Sondenrohr-Durchmesser
DN = Nennweite Behälterstutzen bzw. Sondenflansch

MT0025_2

Abb. 8 Hauptabmessungen bei DIN-Rührbehältern

* im Austausch gegen Stromstörer

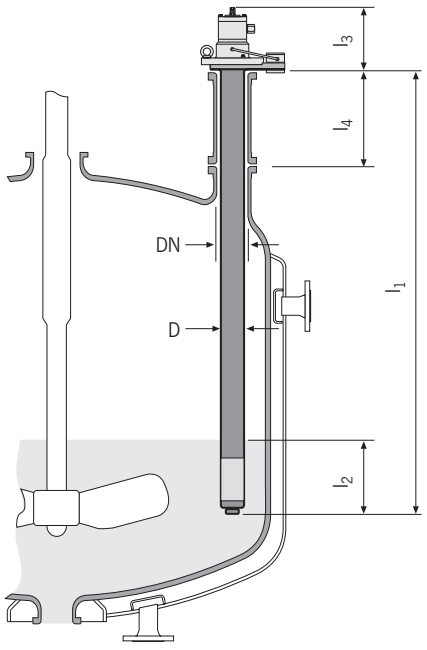
Stutzenausführung nach DIN 28 139, Flanschausführung nach DIN 28 150, Anschlussmaße nach DIN 2501, min. PN 10. Die Stutzenbezeichnungen entsprechen den Katalogblättern.

Behälter mit Ankerrührer erfordern beim Einsatz der Messsonde spezielle Distanzstücke. In diesem Fall bitten wir um Rückfrage.

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

Tabelle 3 Hauptabmessungen der Sonden mit Zuordnung zu Pfaudlernorm-Behälter

Behältertyp	Stutzen		Sonden-Abmessungen					Mindest-Volumen	
	DN	Bezeichnung	**D x l_1**	**l_2**	**l_3**		**DN x l_4**		
					K	**N**			
			[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[l]	[%]
L 160	50	P	38(46) x 670	140	485	200	n. e.	97	60
DG 100	50	O	38(46) x 450	140	485	200	n. e.	97	97
DG 250	50	R	38(46) x 670	140	485	200	n. e.	178	71
DG 500	50	O S	38(46) x 670	140	485	200	n. e.	328	65
DG 800	50	O S	38(46) x 950	140	485	200	50/80 x 45**	528	66
T 100	50	P	38(46) x 450	140	485	200	50 x 70	78	78
T 200	50	P	38(46) x 450	140	485	200	n. e.	162	81
T 300	50	P	38(46) x 670	140	485	200	50 x 30	171	57
T 500	50	P	38(46) x 670	140	485	200	50 x 110	303	60
T 800	50	P	38(46) x 950	140	485	200	50/80 x 45**	378	47
E 1200	100	O R	83 x 1150	180	500	215	100 x 120	540	45
E 2000	100	O R	83 x 1400	180	500	215	100 x 100	681	34
E 3000	100	N O R T	83 x 1600	180	500	215	100 x 100	886	29
E 4000	100	N O R T	83 x 1800	180	500	215	n. e.	1200	30
E 6000	100	N O T	83 x 2150	180	500	215	n. e.	1732	29
E 8000	100	N O S T	83 x 2150	180	500	215	n. e.	3533	44
E 12500	150	P V	127 x 3000	180	505	220	n. e.	1894	15
E 16000	200	O U	180 x 3200	180	515	230	n. e.	2951	18
E 20000	200	O U	180 x 3200	180	515	230	n. e.	5768	29



l_1 = Einbaulänge
l_2 = Mindesteintauchtiefe
l_3 = Höhe ab Flanschunterseite (Ausführung K/N)
l_4 = Länge Distanzstück
D = Sondenrohr-Durchmesser
DN = Nennweite Behälterstutzen bzw. Sondenflansch

MT0051_1

Abb. 9 Hauptabmessungen bei Pfaudlernorm-Behältern

** Reduzierflansch in Spezialausführung

Schräge Stutzen bei Behältern T 100 - T 800

Stutzenausführung nach DIN 28 139, Flanschausführung nach DIN 28 150, Anschlussmaße nach DIN 2501, min. PN 10. Die Stutzenbezeichnungen entsprechen den Katalogblättern.

Behälter mit Ankerrührern erfordern beim Einsatz der Messsonde spezielle Distanzstücke. In diesem Fall bitten wir um Rückfrage.

9.2 Einbau der Stabsonde in die Rohrleitung

Die Stabsonde K darf nur senkrecht mit dem Elektrolytgefäß nach oben, und in Lagen bis 45° davon abweichend, eingebaut werden.

Die Stabsonde N kann in allen Lagen eingebaut werden da durch den Überdruck im Elektrolytgefäß jederzeit gewährleistet ist, dass unabhängig von der Einbaulage der Sonde, Elektrolyt vom Elektrolytgefäß zur Sonde fließen kann.

Es gibt drei Einbaumöglichkeiten:

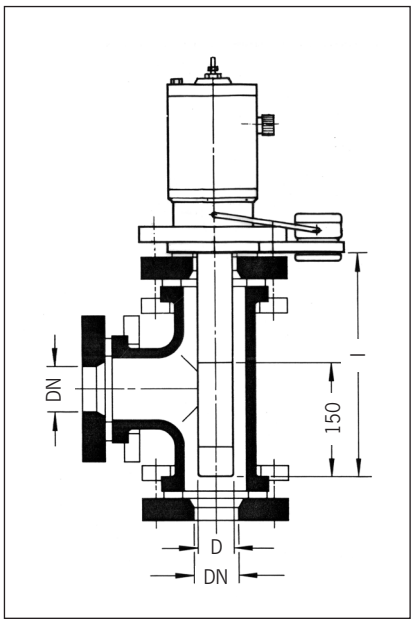


Abb. 10 Einbau in T-Stück

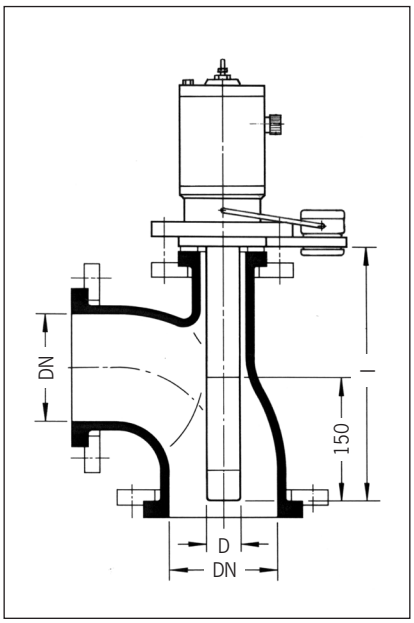


Abb. 11 Einbau in 90°-Krümmer

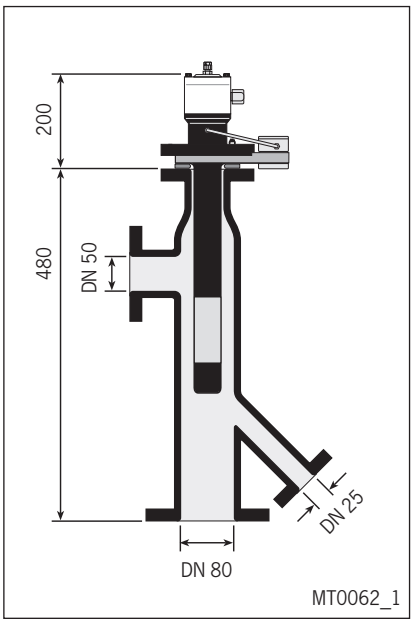


Abb. 12 Einbau in Einbauarmatur

1. Einbau in ein T-Stück
Bei Bestimmung der erforderlichen Sondenlänge und Flanschmaße sind die Verhältnisse vor Ort zu berücksichtigen. Die Sonde muss so lang sein, dass das pH-Email vollständig mit Produkt bedeckt wird.

2. Einbau in einen 90°-Krümmer mit einem zusätzlichem Stutzen
Bei Bestimmung der erforderlichen Sondenlänge und Flanschmaße sind die Verhältnisse vor Ort zu berücksichtigen. Die Sonde muss so lang sein, dass das pH-Email vollständig mit Produkt bedeckt wird.

3. Einbau in eine Pfaudler-Einbauarmatur aus GFK mit Spülanschluss
Die Einbauarmatur ist standardmäßig in den angegebenen Maßen lieferbar, Teile-Nr. 383 127-. Einbauarmaturen in anderen Abmessungen sind auf Anfrage lieferbar.

Zulässige Anzugsmomente siehe Tabelle 1

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

9.3 Einbau der Ringsonde in eine Rohrleitung

Die Ringsonde kann in jeder Lage eingebaut werden, vorzugsweise jedoch in senkrechter Lage.

⚠ **Bei waagerechten Rohrleitungen ist darauf zu achten, dass beim Betrieb der Sonde das pH-Email und das Diaphragma komplett mit Produkt bedeckt sind, da es sonst zu Fehlmessungen kommt.**

Beim Einbau in nichtleitfähige Rohrleitungen, z.B. emaillierte Rohre oder Kunststoffrohre, müssen leitfähige (schwarze) Dichtungen verwendet werden.

Bei leitfähigen Rohrleitungen müssen, wegen der Gefahr von Elementbildung, nichtleitfähige (weiße) Dichtungen eingesetzt werden. Zulässige Anzugsmomente siehe Tabelle 1.

9.4 Installation K-Gefäß

Das K-Gefäß wird bereits werkseitig direkt auf dem Sondenkopf montiert. Somit entfällt eine Montage vor Ort.

⚠ **Die Kunststoffverschraubungen dürfen nicht durch Metallverschraubungen ersetzt werden. Im gesamten Elektrolytbereich sind Metallteile nicht zulässig! Für die letzten 50 cm der Druckluftleitung darf nur Kunststoffleitung verwendet werden.**

Grund:
In metallischen Rohrleitungen kann sich Elektrolytkondensat bilden und eine leitfähige Verbindung zur Masse bilden, was zu einer Potenzialverfälschung führt.

9.5 Installation N-Gefäß

Das N-Gefäß muss senkrecht und möglichst nahe neben der Stabsonde, bzw. der Ringsonde, montiert werden, max. Entfernung 10 m.

Das Elektrolytgefäß und der Sondenkopf werden mit einem Verbindungsschlauch aus PP verbunden (Lieferlänge 10 m). Die Schlauchverschraubungen an Gefäß und Sondenkopf ermöglichen eine einfache Befestigung des Verbindungsschlauches ohne Werkzeug.

⚠ **Die Kunststoffverschraubungen dürfen nicht durch Metallverschraubungen ersetzt werden. Im gesamten Elektrolytbereich sind keine Metallteile zulässig! Für die letzten 50 cm der Druckluftleitung darf nur Kunststoffschlauch verwendet werden.**

Grund:
In metallischen Rohrleitungen bzw. Verschraubungen kann sich kann sich Elektrolytkondensat bilden und eine leitfähige Verbindung zur Masse herstellen, was zu einer Potenzialverfälschung führt.

Wird das Elektrolytgefäß im Freien oder an feuchten Betriebsstätten installiert, so ist es zweckmäßig, das Elektrolytgefäß und die elektronischen Geräte in einem Schutzkasten (als Option lieferbar) zu montieren. Andernfalls können Feuchtigkeitsbrücken oder Frost die Messung stören. Bei Montage im Freien muss zur Vermeidung von Kondensatbildung bei Taupunktunterschreitung eine Schutzkastenheizung vorgesehen werden.

Die Bezugselektroden können bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ausfallen.

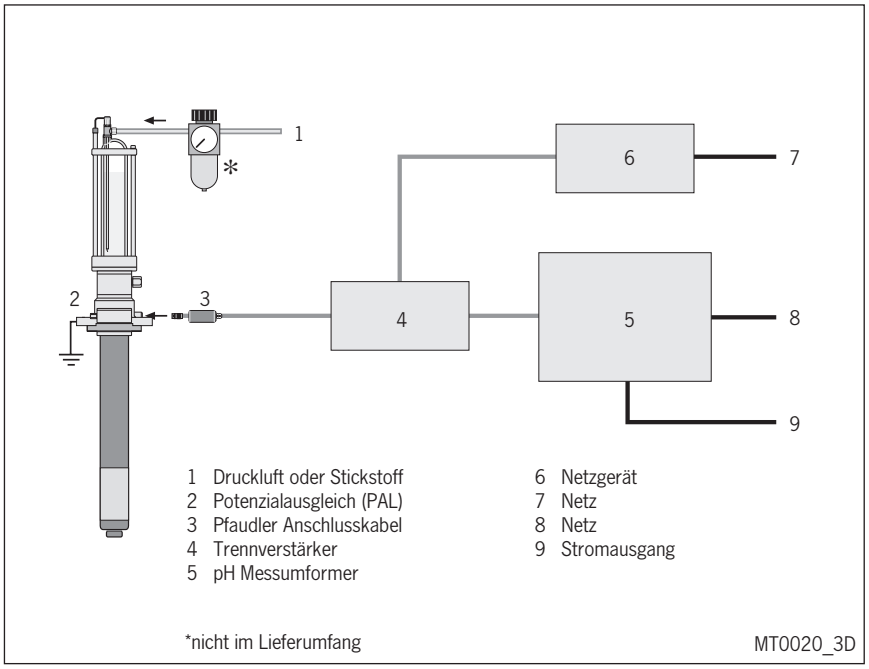


Abb. 13 Anschlussschema für Stabsonde „K“ mit Trennverstärker

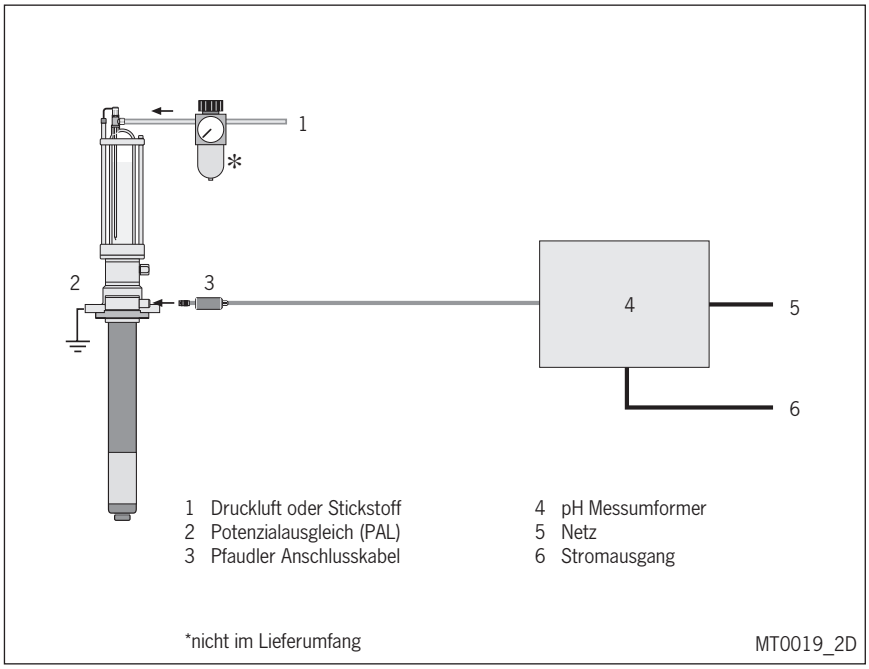


Abb. 14 Anschlussschema für Stabsonde „K“ ohne Trennverstärker

9.6 Elektrischer Anschluss der Stabsonde K

Für den elektrischen Anschluss der Sonde an den Messumformer ist der Anschlussplan und die Betriebsanleitung des verwendeten Messumformers maßgebend. Entsprechende Anschlusspläne, für die von Pfaudler zugelassenen Geräte, sind bei uns erhältlich.

Die Sonde ist mit einem Kabel, Mindestquerschnitt 6 mm^2 von der Erdungsklemme der Sonde auf möglichst kurzem Weg mit dem Potenzialausgleich des Behälters oder der Rohrleitung zu verbinden.

Die Verbindung von der Steckbuchse am Anschlusskasten der Sonde zum Messumformer oder zum Trennverstärker erfolgt durch das Pfaudler Anschlusskabel (pH-Kabel). Steckverbindung herstellen: Den Stecker in der Buchse richtig positionieren und drücken bis er einrastet. Die PG11-Spiralverschraubung öffnen und die Schutzhülse unter Drehen bis zum Anschlag auf die Buchse aufschieben. Schutzhülse festhalten und die PG-Verschraubung von Hand anziehen.

Bei der Stabsonde K sind die beiden Anschlüsse der Messkette auf die Steckbuchse im Anschlusskasten gelegt. Somit wird das komplette Messsignal und das Pt100-Signal durch das pH-Kabel zum Messumformer oder zum Trennverstärker übertragen.

Die Adernbelegung für das Pfaudler-Anschlusskabel ist im Kapitel 9.10 zu finden.

⚠ Um jegliche Potenzialverluste zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass keine Feuchtigkeit in den Stecker oder die Buchse gelangt. Gegebenenfalls sind beide Teile mit einem Heißluftgerät zu trocknen.

Die Verbindung vom Trennverstärker zum Messumformer kann mit Standard-Signalleitungen durchgeführt werden.

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

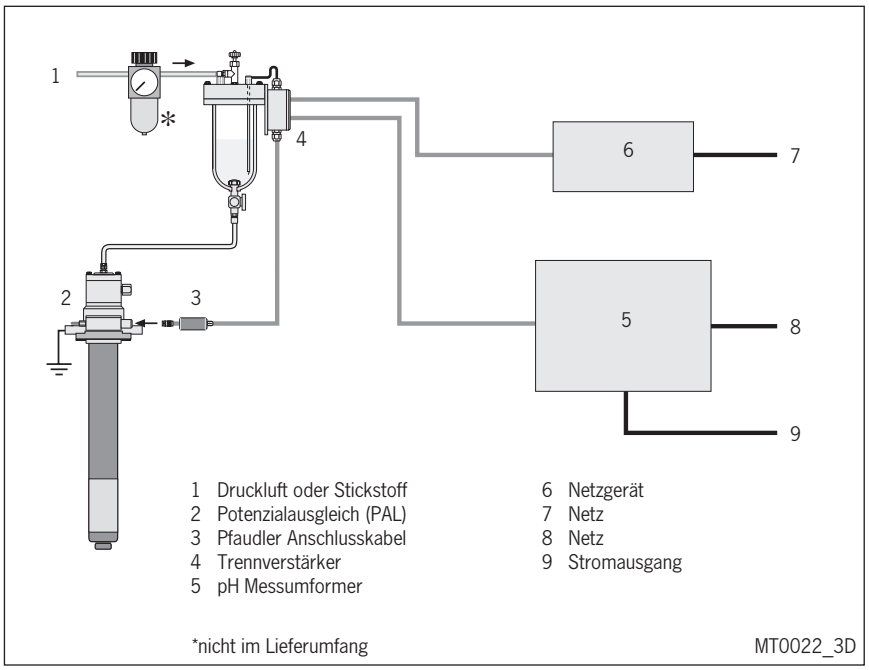


Abb. 15 Anschlussschema für Stabsonde „N“ mit Trennverstärker

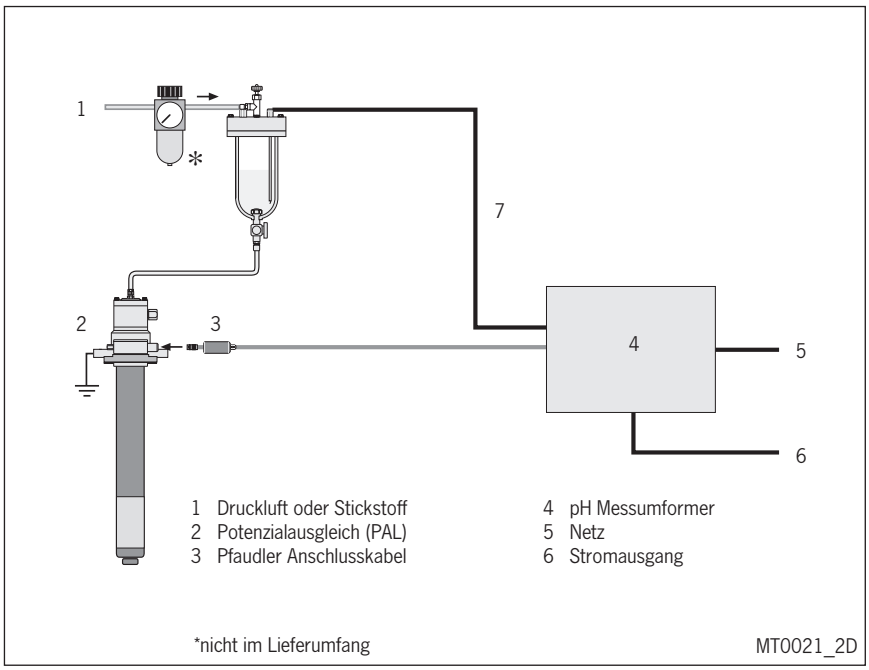


Abb. 16 Anschlussschema für Stabsonde „N“ ohne Trennverstärker

9.7 Elektrischer Anschluss der Stabsonde N

Für den elektrischen Anschluss der Sonde an den Messumformer ist der Anschlussplan und die Betriebsanleitung des verwendeten Messumformers maßgebend. Entsprechende Anschlusspläne, für die von Pfaudler zugelassenen Geräte, sind bei uns erhältlich.

Die Sonde ist mit einem Kabel, Mindestquerschnitt 6 mm^2 von der Erdungsklemme der Sonde auf möglichst kurzem Weg mit dem Potenzialausgleich des Behälters oder der Rohrleitung zu verbinden.

Die Verbindung von der Steckbuchse am Anschlusskasten der Sonde zum Messumformer oder zum Trennverstärker erfolgt durch das Pfaudler Anschlusskabel (pH-Kabel). Steckverbindung herstellen: Den Stecker in der Buchse richtig positionieren und drücken bis er einrastet. Die PG11-Spiralverschraubung öffnen und die Schutzhülse unter Drehen bis zum Anschlag auf die Buchse aufschieben. Schutzhülse festhalten und die PG-Verschraubung von Hand anziehen.

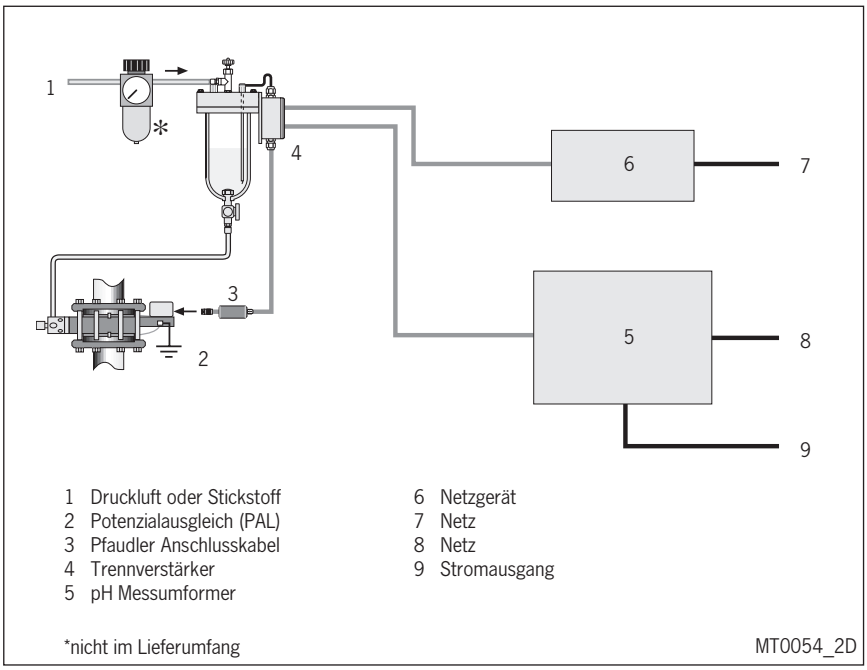
Bei der Stabsonde N sind die beiden Anschlüsse der Messkette getrennt ausgeführt. Der Anschluss der Messelektrode ist auf die Steckbuchse im Anschlusskasten gelegt und wird von dort zusammen mit dem Pt100-Signal durch das Pfaudler-Anschlusskabel zum Messumformer oder zum Trennverstärker übertragen.

Der zweite Teil des Messsignals liegt am freien Ende der Bezugselektrode an und wird von dort, durch ein im Lieferumfang enthaltenes Spezialkabel (Bezugselektrodenkabel) zum Trennverstärker oder zum Messumformer übertragen.

Die Adernbelegung für das Pfaudler-Anschlusskabel ist im Kapitel 9.10 zu finden.

⚠ Um jegliche Potenzialverluste zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass keine Feuchtigkeit in den Stecker oder die Buchse gelangt. Gegebenenfalls sind beide Teile mit einem Heißluftgerät zu trocknen.

Die Verbindung vom Trennverstärker zum pH-Messumformer kann mit Standard-Signalleitungen durchgeführt werden.

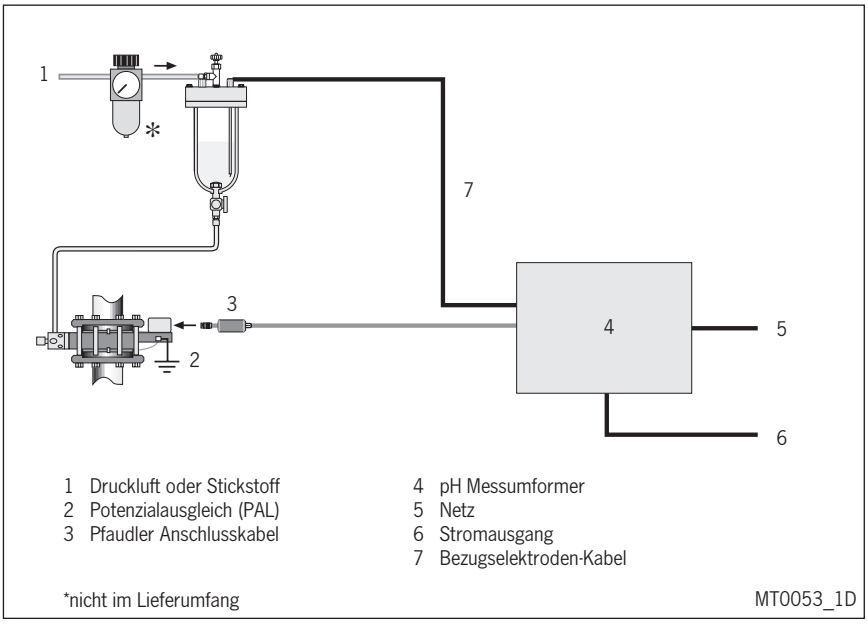


1 Druckluft oder Stickstoff
2 Potenzialausgleich (PAL)
3 Pfaudler Anschlusskabel
4 Trennverstärker
5 pH Messumformer
6 Netzgerät
7 Netz
8 Netz
9 Stromausgang

*nicht im Lieferumfang

MT0054_2D

Abb. 17 Anschlussschema für Ringsonde mit Trennverstärker



1 Druckluft oder Stickstoff
2 Potenzialausgleich (PAL)
3 Pfaudler Anschlusskabel
4 pH Messumformer
5 Netz
6 Stromausgang
7 Bezugselektroden-Kabel

*nicht im Lieferumfang

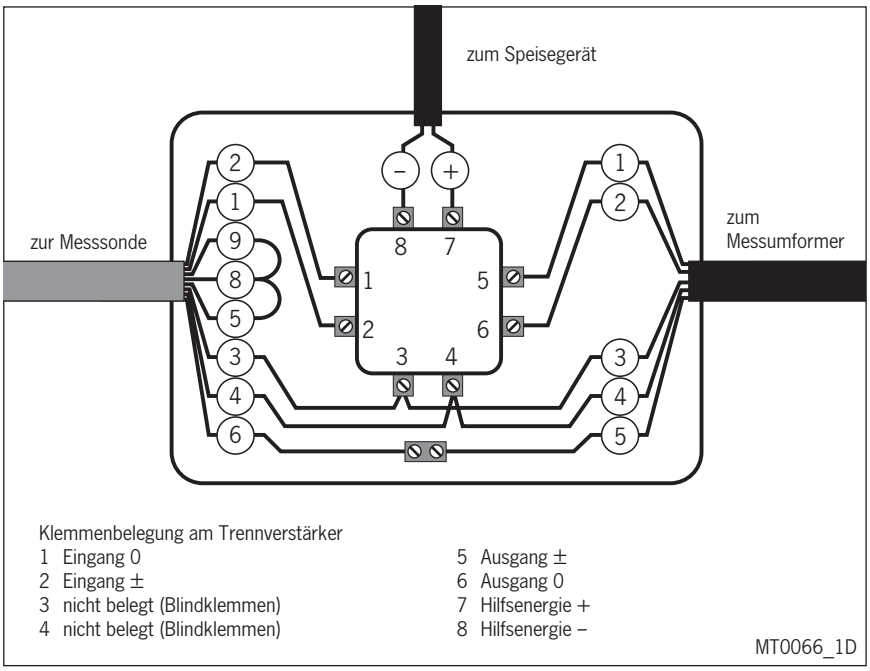
MT0053_1D

Abb. 18 Anschlussschema für Ringsonde ohne Trennverstärker

9.8 Elektrischer Anschluss der Ringsonde

Für den elektrischen Anschuss der Ringsonde gelten sinngemäß auch die Ausführungen im Kapitel 9.7.

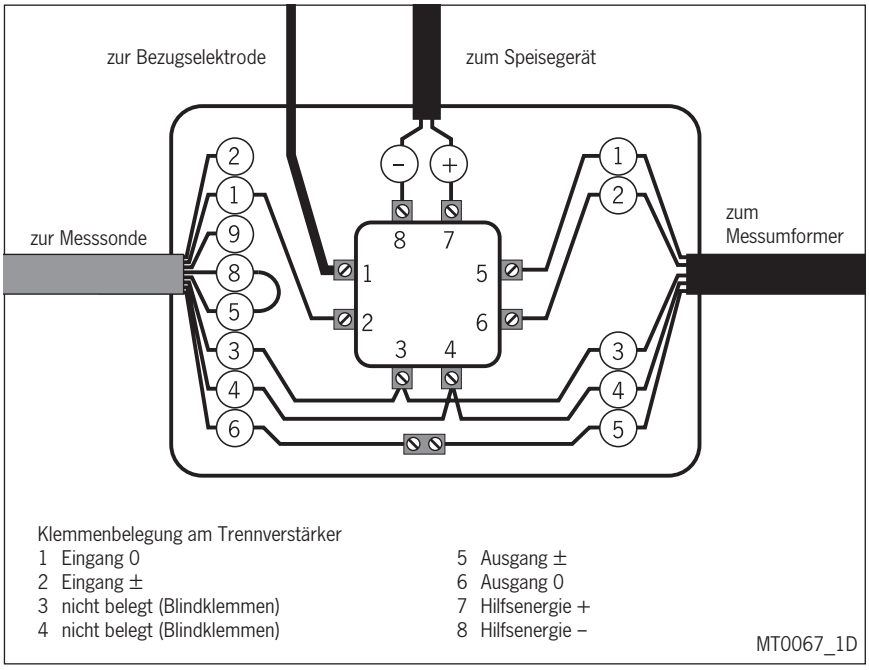
© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d



Klemmenbelegung am Trennverstärker

1 Eingang 0	5 Ausgang ±
2 Eingang ±	6 Ausgang 0
3 nicht belegt (Blindklemmen)	7 Hilfsenergie +
4 nicht belegt (Blindklemmen)	8 Hilfsenergie –

Abb. 19 Anschlussplan für Trennverstärker mit Stabsonde K und Pt100 in 3-Leiterschaltung



Klemmenbelegung am Trennverstärker

1 Eingang 0	5 Ausgang ±
2 Eingang ±	6 Ausgang 0
3 nicht belegt (Blindklemmen)	7 Hilfsenergie +
4 nicht belegt (Blindklemmen)	8 Hilfsenergie –

Abb. 20 Anschlussplan für Trennverstärker mit Stabsonde N bzw. Ringsonde und Pt100 in 3-Leiterschaltung

9.9 Elektrischer Anschluss Trennverstärker

Der von uns empfohlene Trennverstärker, Typ 82G von Knick, benötigt eine Hilfsenergie von 8,5 V/10 mA. Für die Stromversorgung gibt es zwei Möglichkeiten:

- Versorgung durch ein geeignetes, separates Speisegerät. Wir empfehlen das Speisegerät Typ WG10A7 von Knick.
- Versorgung durch ein im Messumformer integriertes Speisegerät mit ausreichender Leistung.

Die Adernbelegung für das pH-Kabel ist im Kapitel 9.10 zu finden.

9.10 Pfaudler-Anschlusskabel

Das Pfaudler-Anschlusskabel (pH-Kabel) ist ein fertig konfektioniertes Kabel, mit dem das pH-proportionale Messsignal von der Sonde zum Messumformer bzw. zum Trennverstärker übertragen wird.

Das Kabel ist speziell ausgeführt für die Übertragung sehr hochohmiger Signale. Standardmäßig ist das Kabel in den Längen 3, 5 und 10 m lieferbar.

An einem Kabelende ist der Spezialstecker montiert, der in die Anschlussbuchse am Anschlusskasten der Sonde passt. Um den Steckeranschluss vor Feuchtigkeit zu schützen verfügt das Kabel über eine Schutzhülse mit doppelter O-Ringabdichtung, die über den Stecker und die Anschlussbuchse geschoben wird.

Das andere Kabelende ist abisoliert und die einzelnen Adern sind mit Klemmhülsen bestückt und entsprechend der Abbildung 21 nummeriert. Die Adernbelegung ist der Tabelle 4 zu entnehmen.

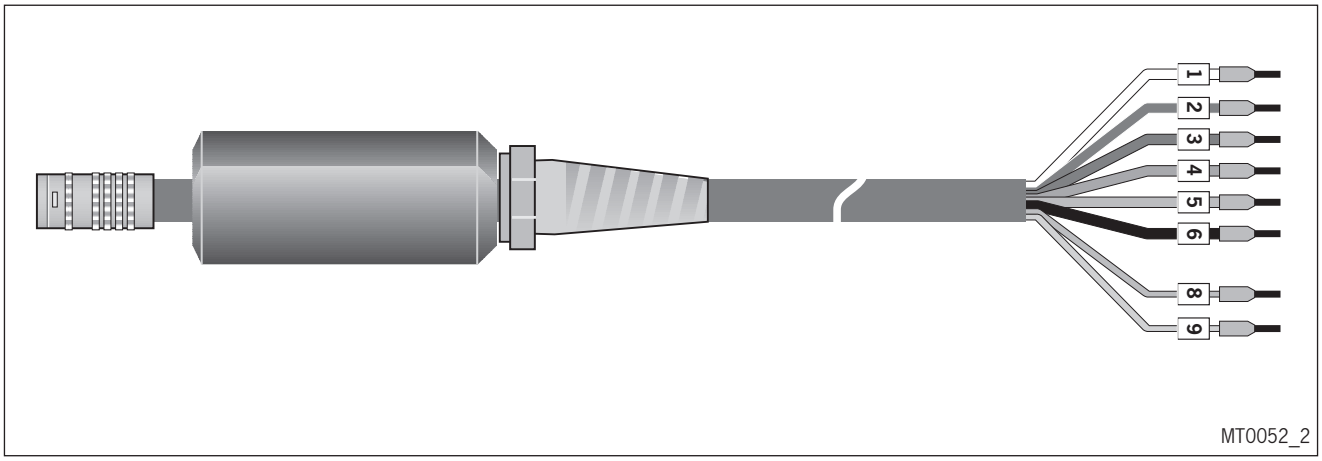


Abb. 21 Pfaudler-Anschlusskabel (pH-Kabel)

Tabelle 4 Adernbelegung am pH-Kabel

Ader-Nr.	1 (Koax)	2 (Koax)	3	4	5	6	8	9
Kabelfarbe	weiß	braun	braun	grün	blau	schwarz	lila	orange
pH K	pH-Elektrode	Bezugselektrode	Pt100	Pt100	Masse	Pt100	Schirm Koaxialkabel 1	Schirm Koaxialkabel 2
pH N		1)						
pH Ring		1)						
pH K dual		Bezugselektrode						
pH N dual		1)						

1) Das Potential der Bezugselektrode wird separat, über das mitgelieferte Bezugelektrodenkabel, auf den Messumformer bzw. Trennverstärker geführt.

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

10 Inbetriebnahme und Kalibrierung

10.1 Vorbemerkung

Nachdem die Sonde entsprechend den Angaben in Kapitel 9 installiert und angeschlossen worden ist, erfolgt die Inbetriebnahme im Wesentlichen in vier Schritten:

- ▼ Formierung der Sonde (s. Kap. 10.2).
- ▼ Befüllung des Elektrolytgefäßes, Einbau der Bezugselektrode und Entlüftung der Sonde (s. Kap. 10.3 - 10.4).
- ▼ Parametrierung des Messumformers (s. Kap. 10.5).
- ▼ Kalibrierung der Sonde (s. Kap. 10.6 - 10.11).

Die einzelnen Schritte werden nachfolgend näher erläutert.

10.2 Formierung der Sonde

Vor der Inbetriebnahme muss die Sonde formiert werden. Dadurch wird an der Oberfläche des pH-Emails eine Quellschicht aufgebaut. Diese Quellschicht ist eine wichtige Voraussetzung dafür, dass die Messkette einen stabilen Nullpunkt hat.

Zur Formierung der Sonde gibt es 2 Möglichkeiten:

- ■ Die Sonde wird 24 Stunden gewässert.

Oder, wenn das Verfahren beschleunigt werden soll

- ■ Die Sonde wird eine Stunde in leicht angesäuertem Wasser gekocht.

Die Formierung kann im oder auch außerhalb des Behälters bzw. der Rohrleitung durchgeführt werden.

10.3 K-Ausführung: Befüllung, Entlüftung und Einbau der Bezugselektrode

Die zulässige Umgebungstemperatur für das Elektrolytgefäß beträgt 0 bis +50 °C. Grundsätzlich soll das K-Gefäß nur bei Produkttemperaturen unter 80 °C und ohne Prozessdruck befüllt werden. Ist dies nicht möglich, sollte der Befüllvorgang höchstens zwei Minuten dauern.

Um eine einwandfreie elektrische Verbindung zwischen der Bezugselektrode und dem Diaphragma herzustellen ist eine blasenfreie Elektrolytstrecke erforderlich.

Als Elektrolyt wird vorzugsweise KCl eingesetzt, in Sonderfällen auch K_2SO_4 (s. Kap. 5.7).

Um die einwandfreie und dauerhafte Funktion der Sonden zu gewährleisten, darf nur Pfaudler-Elektrolyt verwendet werden.

Ablauf von Befüllung und Entlüftung

- ▼ Verschlussstopfen an der T-Verschraubung oben am Elektrolytgefäß entfernen. Durch die Öffnung Elektrolyt bis zur Markierung einfüllen (maximale Füllmenge 0,7 l).
- ▼ Die mitgelieferte Bezugselektrode in die Einfüllöffnung einschrauben und das Bezugselektrodenkabel aufstecken.
- ▼ Das Elektrolytgefäß mit Druck beaufschlagen. Die Elektrolytstrecke füllt sich mit Elektrolyt.
- ▼ Einen Schlauch auf die Entlüftungsschraube aufstecken und den Schlauch in eine saubere Flasche halten. Die Entlüftungsschraube um ca. eine Umdrehung öffnen und solange offen lassen bis der Elektrolyt blasenfrei austritt. Dann die Entlüftungsschraube wieder schließen. Achtung: Die Entlüftungsschraube, wenn möglich, nur von Hand öffnen und schließen.
- ▼ Den restlichen Elektrolyt im Bereich der Entlüftungsschraube, der Einfüllöffnung und der Verschraubungen sorgfältig mit Wasser entfernen.
- ▼ Den erforderlichen Betriebsdruck im Elektrolytgefäß nach Kapitel 10.13 einstellen und alle Details auf Dichtheit prüfen, um Elektrolytbrücken zum Stahlflansch zu vermeiden. Elektrolytbrücken verfälschen das Messergebnis.

⚠ **Bei Produkttemperatur über 80 °C darf die Sonde nicht entlüftet werden, da bei längerem Durchströmen von kaltem Elektrolyt die Gefahr einer Schockbeschädigung des Diaphragmas besteht.**

10.4 N- und Ring-Ausführung: Befüllung, Entlüftung und Einbau der Bezugselektrode

Die zulässige Umgebungstemperatur für das Elektrolytgefäß beträgt 0 bis +50 °C.

Um eine einwandfreie elektrische Verbindung zwischen der Bezugselektrode und dem Diaphragma herzustellen, ist eine blasenfreie Elektrolytstrecke erforderlich.

Als Elektrolyt wird vorzugsweise KCl eingesetzt, in Sonderfällen auch K_2SO_4 (s. Kap. 5.7).

Um die einwandfreie und dauerhafte Funktion der Sonden zu gewährleisten, darf nur Pfaudler-Elektrolyt verwendet werden.

Ablauf von Befüllung und Entlüftung

- ▼ Verschlussschraube aus der Einfüllöffnung entfernen und durch die Öffnung Elektrolyt bis zur Markierung einfüllen (maximale Füllmenge 1,7 l). Verschlussschraube wieder eindrehen.
- ▼ Verschlussschraube aus einer der drei Einbauöffnungen entfernen, die mitgelieferten Bezugselektrode einschrauben und das lose mitgelieferte Bezugselektrodenkabel aufstecken. (Bei der Ausführung mit Trennverstärker ist das Kabel bereits am Trennverstärker angeschlossen)
- ▼ Das Elektrolytgefäß mit Druck beaufschlagen. Die Elektrolytstrecke füllt sich mit Elektrolyt.
- ▼ Einen Schlauch auf die Entlüftungsschraube aufstecken und den Schlauch in eine saubere Flasche halten. Die Entlüftungsschraube um ca. eine Umdrehung öffnen und solange offen lassen bis der Elektrolyt blasenfrei austritt. Dann die Entlüftungsschraube wieder schließen. Achtung: Die Entlüftungsschraube, wenn möglich, nur von Hand öffnen und schließen.
- ▼ Den restlichen Elektrolyt im Bereich der Entlüftungsschraube, der Einfüllöffnung und der Verschraubungen sorgfältig mit Wasser entfernen.
- ▼ Den erforderlichen Betriebsdruck im Elektrolytgefäß nach Kapitel 10.13 einstellen und alle Details auf Dichtheit prüfen, um Elektrolytbrücken zum Stahlflansch zu vermeiden. Elektrolytbrücken verfälschen das Messergebnis.

⚠ **Bei Produkttemperatur über 80 °C darf die Sonde nicht entlüftet werden, da bei längerem Durchströmen von kaltem Elektrolyt die Gefahr einer Schockbeschädigung des Diaphragmas besteht.**

10.5 Parametrierung des pH-Messumformers

Bevor die Kalibrierung durchgeführt werden kann, müssen die sondenspezifischen Kennwerte Steilheit, Nullpunkt und Isothermenpunkt sowie anwenderspezifische Einstellungen im Messumformer eingegeben (parametriert) werden. Die Kennwerte sind im mitgelieferten Prüfbericht angegeben. In der Tabelle 4 sind einige Parameter aufgeführt, die einzugeben sind. Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Maßgebend dafür, welche Parameter einzugeben sind, ist die Betriebsanleitung des eingesetzten Messumformers sowie die Anforderungen des Anwenders. Abhängig vom eingesetzten Messumformer erfolgt die Eingabe der Parameter sowohl im Parametriermodus als auch im Kalibriermodus.

Tabelle 5 Parametrierung

Parameter	einzustellender Wert	auszuwählende Option
Steilheit	Wert aus Prüfbericht eingeben	–
Nullpunkt	Wert aus Prüfbericht eingeben	–
Isothermenpunkt	Wert aus Prüfbericht eingeben (wenn SilberChloridel-Elektrode eingesetzt wird) oder gleich Nullpunkt (wenn SilberAcetat-Elektrode eingesetzt wird)	
Anzuzeigende Größe	–	pH
Temperaturkompensation	–	automatisch
Temperatursensor	–	Pt100
Stromausgang	0 - 20 mA oder 4 - 20 mA	pH oder Temperatur

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

10.6 Was heißt Kalibrierung?

Unter Kalibrierung versteht man die Anpassung des Messumformers an die Kennlinie der pH-Sonde.

Die Messkette der pH-Sonde liefert ein Potenzial, das von den chemischen Eigenschaften und der Temperatur des Produktes abhängt. Der Messumformer misst dieses Potenzial und berechnet aus dem Messwert den aktuellen pH-Wert. Das Potenzial der Messkette und somit der pH-Wert werden durch verschiedene Faktoren beeinflusst, z. B. durch das aktuelle Potenzial der Bezugselektrode oder durch unvermeidliche Exemplarstreuungen. Diese, zum Teil prinzipiell nicht erfassbaren Faktoren, werden durch die Kalibrierung der Sonde weitestgehend eliminiert.

10.7 Kalibriermethoden

In der pH-Messtechnik sind folgende Kalibriermethoden bekannt:

- Kalibrierung durch Dateneingabe am Messumformer (s. Kap. 10.8)
- Zweipunktkalibrierung (Kalibrierung mit 2 Pufferlösungen bei gleicher Temperatur, s. Kap. 10.9)
- Einpunkt- oder Produktkalibrierung (Kalibrierung mit Produkt, s. Kap. 10.10)
- Automatische Kalibrierung (s. Kap. 10.11)

Bei der Erstinbetriebnahme und nach längeren Betriebspausen empfehlen wir immer eine Zweipunktkalibrierung vorzunehmen. Die einzelnen Methoden und ihre Verwendbarkeit für unsere pH-Sonden werden in nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

10.8 Kalibrierung durch Dateneingabe am pH-Messumformer

Diese Kalibriermethode wird dann gewählt, wenn eine schnelle Funktionsprüfung der Sonde durchgeführt werden soll und/oder wenn keine hohe Messgenauigkeit gefordert ist.

Ablauf der Kalibrierung durch Dateneingabe

Je nach eingesetztem Messumformer wird der Kalibrier- und/oder Parametriermodus aktiviert und die auf dem Prüfbericht angegebenen Kennwerte der Sonde eingegeben. Nach Beendigung des Kalibriermodus ist die Sonde betriebsbereit.

Eine einwandfreie Funktionssicherheit sowie eine definierte Genauigkeit sind mit dieser Kalibriermethode jedoch nicht gewährleistet. Daher empfehlen wir, nach einer Kalibrierung durch Dateneingabe möglichst bald eine Zweipunktkalibrierung durchzuführen.

10.9 Zweipunktkalibrierung

Die Zweipunktkalibrierung ist die Kalibriermethode, die am häufigsten bei unseren Sonden durchgeführt wird, da die hiermit erreichbare Messgenauigkeit für die meisten betrieblichen Anforderungen vollkommen ausreichend ist und gleichzeitig auch eine gute Funktionskontrolle der pH-Messeinrichtung erreicht wird.

Bei der Zweipunktkalibrierung wird nacheinander, bei gleicher Temperatur, der pH-Wert von zwei verschiedenen Pufferlösungen gemessen. Das jeweils gemessene Messkettenpotenzial wird dann dem jeweiligen pH-Wert zugeordnet. Anhand der beiden pH-Werte und der gemessenen Produkttemperatur, werden im Messumformer die Werte für die Steilheit und den Nullpunkt neu berechnet. Mit diesen neu berechneten Werten wird dann im Messumformer die automatische Temperaturkompensation durchgeführt.

Bevor mit der eigentlichen Kalibrierung begonnen werden kann, müssen einige Vorbereitungen getroffen werden:

- Eine konstante pH-Messung setzt Gleichgewichtsverhältnisse am Diaphragma voraus, d. h. einen gleichmäßig durchfeuchteten Schliff. Daher ist das Elektrolytgefäß ca. 1 Stunde vor Beginn der Kalibrierung mit Druck zu beaufschlagen.
- Um eine möglichst genaue Einstellung auf die Kennlinie der Messkette zu erreichen, sollen die pH-Werte der beiden Pufferlösungen um mindestens 3 pH von einander abweichen. Für die Zweipunktkalibrierung unserer Sonden empfehlen wir Pufferlösungen mit pH 3 und pH 7.

Die erste Messung muss immer mit der Pufferlösung durchgeführt werden, deren pH-Wert am nächsten zum Nullpunkt liegt.

- Um Störungen durch statische Aufladungen zu vermeiden oder eventuelle Isolationsfehler zu erkennen, ist es notwendig die Pufferlösung zu erden, insbesondere wenn das Kalibriergefäß aus Kunststoff ist. Zur Erdung ist die Pufferlösung über einen Draht mit dem Potenzialausgleich zu verbinden.
- Die Sonde kann sowohl im als auch außerhalb des Behälters bzw. der Rohrleitung kalibriert werden. Als Kalibriergefäß, für die Aufnahme der Pufferlösung, eignet sich die mitgelieferte schwarze Schutzkappe. Für die kleinen Sonden mit Ø 38 mm werden 250 ml Pufferlösung benötigt. Für die großen Sonden mit Ø 83 mm werden 1000 ml Pufferlösung benötigt. Für die Kalibrierung im Behälter ist eine Teleskopstange mit angeschraubtem Becher, für die Aufnahme des Kalibriergefäßes, lieferbar.

Ablauf der Zweipunktkalibrierung

- ▼ Sonde formieren und mit destilliertem Wasser spülen
- ▼ Sonde in die erste Pufferlösung tauchen, das gelbe pH-Email muss vollständig eingetaucht sein. Luftblasen am Diaphragma bei Typ 03 durch kurzes Schütteln des Bechers entfernen.
- ▼ Die Pufferlösung erden
- ▼ Am Messumformer den Kalibriermodus aktivieren. Dann den Modus *Zweipunktkalibrierung* auswählen und den pH-Wert der ersten Pufferlösung eingeben.
- ▼ Warten bis der angezeigte Messwert stabil ist und dann die Kalibrierung starten. Das gemessene Messkettepotenzial ist jetzt dem pH-Wert der ersten Pufferlösung zugeordnet.
- ▼ Wenn der erste Kalibrierschritt beendet ist, pH-Sonde und Kalibriergefäß mit destilliertem Wasser spülen.
- ▼ Sonde in die zweite Pufferlösung tauchen; das gelbe pH-Email muss vollständig eingetaucht sein. Die Temperatur der beiden Pufferlösungen muss gleich sein. Luftblasen am Diaphragma bei Typ 03 durch kurzes Schütteln des Bechers entfernen.
- ▼ Die Pufferlösung erden.
- ▼ pH-Wert des zweiten Puffers eingeben. Warten bis der angezeigte Messwert stabil ist, dann die Kalibrierung starten. Das gemessene Messkettenpotenzial ist jetzt dem pH-Wert der zweiten Pufferlösung zugeordnet.
- ▼ Wenn die zweite Messung beendet ist, muss zur Überprüfung der Messeinrichtung der Erdungsdraht aus der Pufferlösung gezogen werden. Der pH-Wert darf sich dann nur um max. ±0,1 pH ändern. Bei einer größeren Abweichung kann ein Isolationsfehler im Messkreis, im Referenzkreis (Elektrolytgefäß) oder am Kabel vorliegen. (s. Kap 11.11 – Fehlersuche).
- ▼ Nach erfolgreicher Kalibrierung den Kalibriermodus beenden

Eine Zweipunktkalibrierung sollte ca. eine Woche nach der Erstinbetriebnahme und dann noch einmal nach 4 Wochen durch eine Einpunktkalibrierung kontrolliert werden (s. Kap. 10.10).

10.10 Einpunktkalibrierung

Die Einpunkt- oder Produktkalibrierung wird durchgeführt, um eine pH-Messung zu überprüfen bzw. zur Qualitätssicherung.

Ablauf der Einpunktkalibrierung

Mit einer geeigneten Vorrichtung wird eine Produktprobe aus dem Prozess entnommen. Von dieser Probe wird dann, mit einem Handgerät oder im Labor, mit der geforderten Genauigkeit der pH-Wert bestimmt. Der so bestimmte pH-Wert wird mit dem am Messumformer angezeigten Wert verglichen. Bei kleineren Abweichungen kann der angezeigte Wert wie folgt korrigiert werden.

Am Messumformer den Kalibriermodus aktivieren. Dann den Modus *Einpunktkalibrierung* auswählen und den von Hand gemessenen pH-Wert eingeben. Nach Beendigung des Kalibriermodus ist der *alte* pH-Wert durch den „neuen" pH-Wert korrigiert worden.

Bei größeren Abweichungen ist es ratsam, eine Zweipunktkalibrierung durchzuführen bzw. die gesamte pH-Messeinrichtung zu überprüfen.

10.11 Automatische Kalibrierung

Verschiedene pH-Messumformer verfügen über einen automatischen Kalibriermodus. Da dieser Modus speziell auf die Eigenschaften von pH-Glassonden abgestimmt ist, können Pfaudler pH-Sonden mit einer Messelektrode aus pH-sensitivem Email in diesem Modus nicht kalibriert werden.

10.12 Druckeinstellung

Angaben zur richtigen Druckeinstellung sind im Kapitel 7.4 zu finden.

⚠ Wenn die Sonde im Behälter oder in der Rohrleitung unter Prozessdruck steht, muss sichergestellt sein, dass der Druck im Elektrolytsystem immer 1 bar über dem Prozessdruck liegt. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Produkt durch den Diaphragmaspalt in die Sonde eindringt und die Elektrolytstrecke verstopft.

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

11 Betrieb und Wartung

11.1 Nachkalibrierung

Da emaillierte pH-Sonden nicht altern, ist eine Nachkalibrierung eigentlich nur erforderlich, wenn es vorgeschriebene Kalibrierfristen gibt, das Potenzial der Bezugselektrode sich verändert hat oder wenn ein Messfehler vermutet wird. Wir empfehlen aber, bei normalem Betrieb, etwa alle 6 Monate nachzukalibrieren. Bei einer Nachkalibrierung wird eine gute Reproduzierbarkeit der Messwerte erreicht, wenn eine Einpunktkalibrierung mit dem zu messenden Produkt durchgeführt wird. Wie eine Einpunktkalibrierung durchgeführt wird, ist im Kapitel 10.10 beschrieben.

11.2 Nachfüllung des Elektrolytgefäßes

Um eine einwandfreie Funktion der Messsonde zu gewährleisten, muss das Elektrolytgefäß immer mit genügend Elektrolyt gefüllt sein. Das Ende der Bezugselektrode muss immer im Elektrolyt eintauchen, da sonst der Messkreis unterbrochen wird.

Um die einwandfreie und dauerhafte Funktion der Sonden zu gewährleisten, darf nur Pfaudler-Elektrolyt verwendet werden.

Hat der Messumformer einen Prozessor, so muss vor dem Befüllvorgang der Kalibriermodus aktiviert und die Funktion *HOLD* eingeschaltet werden.

Ablauf der Befüllung bei einem K-Gefäß

Grundsätzlich soll der Elektrolyt bei einem K-Gefäß nur bei Produkttemperaturen unter 80 °C und ohne Prozessdruck nachgefüllt werden. Ist dies nicht möglich, sollte der Einfüllvorgang höchstens zwei Minuten dauern.

- ▼ Die Druckluftzufuhr abstellen.
- ▼ Anschlusskabel von der Bezugselektrode abziehen.
- ▼ Bezugselektrode vorsichtig herausdrehen, da das Elektrolytgefäß noch unter Druck steht und der Überdruck zuerst entweichen muss.
- ▼ Elektrolyt durch die Bohrung für die Bezugselektrode in das Elektrolytgefäß bis zur Markierung einfüllen, maximale Füllmenge 0,7 l.

Für die Wiederinbetriebsetzung in umgekehrter Reihenfolge vorgehen. **Nicht vergessen den Kalibriermodus zu deaktivieren!**

Ablauf der Befüllung bei einem N-Gefäß

- ▼ Die Druckluftzufuhr abstellen.
- ▼ Elektrolytabsperrhahn unten am Elektrolytgefäß schließen.
- ▼ Einfüllschraube oben am Elektrolytgefäß vorsichtig herausdrehen, da das Gefäß noch unter Druck steht und der Überdruck zunächst entweichen muss.
- ▼ Elektrolyt durch die Einfüllöffnung in das Elektrolytgefäß bis zur Markierung einfüllen; maximale Füllmenge 1,7 l.

Für die Wiederinbetriebsetzung in umgekehrter Reihenfolge vorgehen. **Nicht vergessen den Kalibriermodus zu deaktivieren!**

11.3 Elektrolytverbrauch

Bei einem bar Differenzdruck ist mit einem Verbrauch von 0,1 bis 0,2 ml/h zu rechnen. Bei höherem Differenzdruck kann der Verbrauch auf 5 ml/h steigen. Wird ein höherer Verbrauch festgestellt, so empfehlen wir, Kontakt mit unserer Abteilung Messtechnik aufzunehmen.

11.4 Überprüfung der Bezugselektrode

Die Lebensdauer einer SilberAcetat-Elektrode beträgt ca. 12 Monate (s. Kap. 5.5).

Die Lebensdauer einer SilberChlorid-Elektrode beträgt bei Verwendung von KCl-Elektrolyt ca. 24 Monate und bei Verwendung von K_2SO_4-Elektrolyt ca. 12 Monate (s. Kap.5.5).

Voraussetzung dafür ist, dass die Elektroden immer im Elektrolyt eingetaucht sind. Nach Ablauf dieser Zeit muss die Bezugselektrode ausgewechselt werden um einer Nullpunktdrift der Messkette und damit einer Messwertverfälschung vorzubeugen.

Besteht der Verdacht, dass eine Bezugselektrode erschöpft ist, gibt es zwei Möglichkeiten das zu überprüfen:

1. Mit der zu überprüfenden Bezugselektrode wird, in einer Pufferlösung oder in Produkt mit einem konstanten pH-Wert, eine pH-Messung durchgeführt. Am Messumformer wird der Anzeigemodus *mV* aktiviert und die Spannung abgelesen, die die Messkette liefert. Dann wird die alte Bezugselektrode gegen eine neue ausgetauscht und die Spannung abgelesen, die die Messkette jetzt liefert. Weichen die beiden Werte um mehr als 20 mV voneinander ab, so ist die alte Bezugselektrode nicht mehr brauchbar.
2. Die zu überprüfende Bezugselektrode wird gegen eine neue Bezugselektrode vom gleichen Typ gemessen, d. h. es wird die Differenzspannung zwischen den beiden Elektroden ermittelt. Bei dieser Differenzmessung müssen beide Elektroden in das Elektrolyt eingetaucht sein. Ist die gemessene Differenzspannung größer als 20 mV, so ist die alte Bezugselektrode nicht mehr brauchbar.

11.5 Emailprüfung

⚠ **Die für emaillierte Teile gebräuchliche Oberflächenprüfung mit Hochspannung ist bei emaillierten pH-Sonden nicht zulässig!**

Soll der Behälter mit Hochspannung geprüft werden, so ist die Sonde gegen Beschädigung durch elektrische oder mechanische Einflüsse zu schützen.

Das Email der pH-Sonden kann mit den Pfaudler-Emailprüfgeräten der Typen **Corrosion Detector, PA30W, PMD** oder **Corrosion Detector Portable** auf Korrosion überwacht werden. Wird ein Behälter mit einem der genannten Emailprüfgeräte überwacht, werden automatisch auch die eingebauten pH-Sonden mit überwacht. Bei einer Fehlstelle (Korrosion oder Pore) im pH-Email fällt die pH-Messung aus, da eine Fehlstelle die Messelektrode kurzschließt.

⚠ **Die Genauigkeit der pH-Messung wird, je nach Leitfähigkeit des Produkts, durch ein Emailprüfgerät beeinflusst. Es muss daher sichergestellt werden, dass pH-Messung und Emailüberwachung nicht gleichzeitig in Betrieb sind. Die Emailüberwachung muss daher während der pH-Messung abgeschaltet werden.**

11.6 Reinigung und Sterilisierung der Sonden

Email ist gegen Verschmutzung weitgehend unempfindlich. Es genügt, in bestimmten Abständen das pH-Email und den Diaphragmabereich auf Rückstände zu überprüfen. Eine Reinigung ist dann erforderlich, wenn Messwertfehler oder träges Einstellverhalten der Sonde zu beobachten sind. Meist lassen sich verschmutzte Bereiche mit Wasser, einem Lösungsmittel oder einem flüssigen, nicht scheuernden Edelstahlreinigungsmittel säubern. Keine metallischen oder abrasiven Stoffe verwenden. Bei manueller Reinigung der Sonden im oder außerhalb des Behälters, darf zum entfernen von Belägen oder Produktanhaftungen auch 5 - 20 %-ige Säure, z. B. HCl, verwendet werden, allerdings nur bei normaler Umgebungstemperatur. Fluorhaltige Säuren sind nicht zulässig, da sie Email sehr stark angreifen.

⚠ **Beim Hantieren mit Säuren unbedingt die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften für den Umgang mit gefährlichen Stoffen einhalten.**

Die Sonde kann auch im eingebauten Zustand, im Behälter oder in der Rohrleitung im sogenannten CIP-Verfahren (cleaning in place) gereinigt werden.

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

Zugelassene CIP-Reinigungsverfahren:
- 1,5 - 2 %-ige Lauge, max. 85 °C, max. 1 h
- 1,5 %-ige Säure (HNO_3), 60 °C, max. 15 min
- Dampf 134 °C, max. 2 h

Bei einer CIP-Reinigung ist zu beachten, dass die zulässigen Laugen- und Säurekonzentrationen sowie die maximale Temperatur und die Reinigungszeit nicht überschritten werden, da sonst mit einem verstärkten Angriff auf das pH-Email zu rechnen ist.

Achtung: Die Korrosion verdoppelt sich bei alkalischer Reinigung pro 10 °C Temperaturerhöhung.

Je nach verwendetem CIP-Verfahren kann eine Nullpunktverschiebung auftreten, die erst nach längerer Zeit wieder kompensiert wird. Durch eine Formierung der pH-Sonde kann diese Nullpunktverschiebung in kürzerer Zeit behoben werden (s. Kap. 10.2).

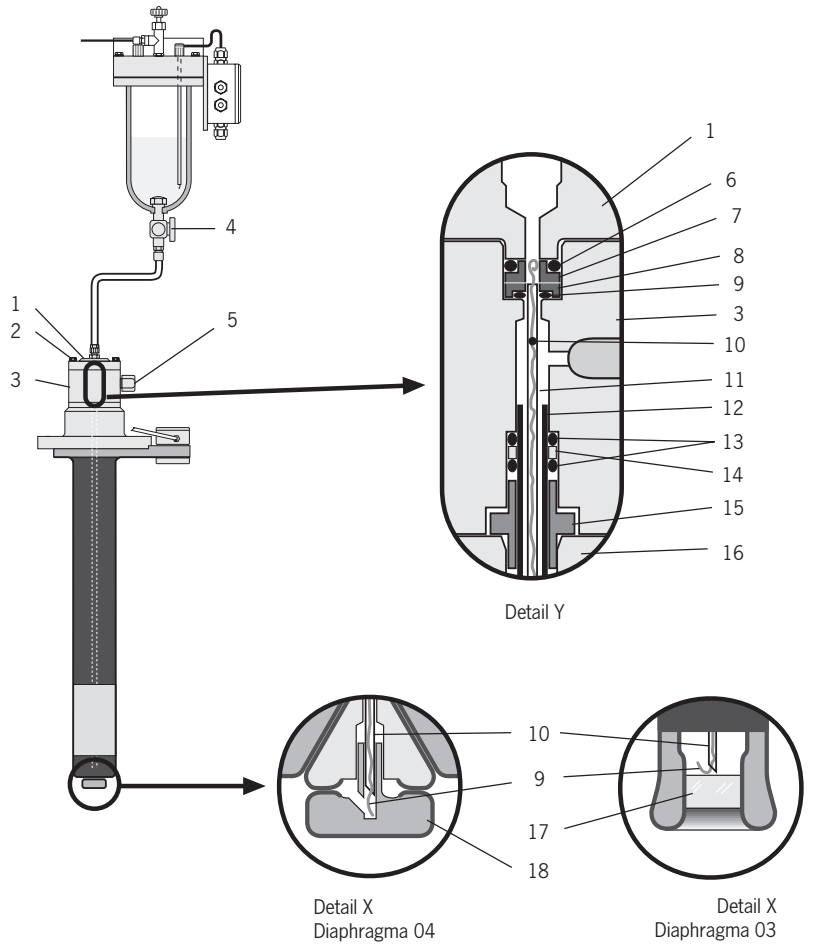
Folgende Medien sind für die Sterilisierung der Sonden zugelassen:
- Produkt
- Wasserdampf
- alkoholische Lösungen
- aseptische Lösungen

11.7 Reinigung des Diaphragmas beim Typ 04

Die Diaphragmaschraube bei der Sonde vom Typ 04 kann zur Reinigung auch abgeschraubt werden. Um Diffusionsfehler am Diaphragma zu vermeiden ist es notwendig, den Innenraum des Diaphragmas von eventuell vorhandenen Elektrolytrückständen zu reinigen. Dieser Fehler zeigt sich durch träges Einstellverhalten oder schlechte Reproduzierbarkeit der Messwerte. Bei Sonden mit dem kleinen Diaphragma (Ø 38 mm) empfehlen wir alle 6 Monate, bei Sonden mit dem großen Diaphragma (Ø 83 mm) einmal im Jahr die Reinigung durchzuführen.

Zum Lösen und Anziehen der Diaphragmaschraube wird ein Spezialwerkzeug benötigt, das bei uns erhältlich ist:
- Teile-Nr. 591 293- für Messsonde Ø 38 mm
- Teile-Nr. 591 294- für Messsonde Ø 83 mm

Das Anzugsmoment für die Diaphragmaschraube beträgt:
- **10 Nm** für Messsonde Ø 38 mm
- **27 Nm** für Messsonde Ø 83 mm



1 Druckflansch
2 Sechskantschraube M6 x 100
3 Sondenkopf
4 Kugelhahn
5 Entlüftungsschraube
6 O-Ring
7 Dichthülse
8 Stützring
9 O-Ring
10 Faden
11 PTFE-Schlauch
12 Elektrolytrohr
13 O-Ringe
14 Distanzring
15 Distanzstück
16 Sondenkopf-Unterteil
17 Glaspuck
18 Diaphragmaschraube

Abb. 22 Zusammenbauschema der N-Ausführung

11.8 Montageanleitung für Elektrolytschlauchkit bei der Stabsonde N

Bei Potentialverlust durch Undichtigkeit im Sondenkopf oder bei Verstopfung der Elektrolytstrecke muss der Elektrolytschlauch ausgewechselt werden. Dafür sind Elektrolytschlauchkits in vier Längen lieferbar; siehe Tabelle 6.

Ein Elektrolytschlauchkit besteht aus einem PTFE-Schlauch (mit eingezogenem Faden), auf dem bereits alle erforderlichen Dichtungselemente in der richtigen Reihenfolge aufgeschoben sind.

Tabelle 6 Teile-Nr. Elektrolytschlauchkit

Sondenlänge [mm]	Elektrolytschlauchkit Teile-Nr.
300	591 8931
450 bis 1000	591 8942
1100 bis 2150	591 8953
über 2150	591 8964

Ablauf von Aus- und Einbau

(die Positions-Nummern beziehen sich auf die Abbildung 22)

- ▼ Den Kugelhahn (4) unten am Elektrolytgefäß schließen und die Entlüftungsschraube (5) am Sondenkopf ca. eine Umdrehung öffnen. Der Verbindungsschlauch zwischen Elektrolytgefäß und Sondenkopf muss nicht gelöst werden.
- ▼ Die Schrauben am Sondenkopf (2) herausdrehen und den Druckflansch (1) abnehmen.
- ▼ Den Sondenkopf (3) abziehen und den alten Elektrolytschlauchkit einschließlich der Dichtungselemente mit einer Spitzzange aus dem Sondenkopf herausziehen (s. Detail Y oben).

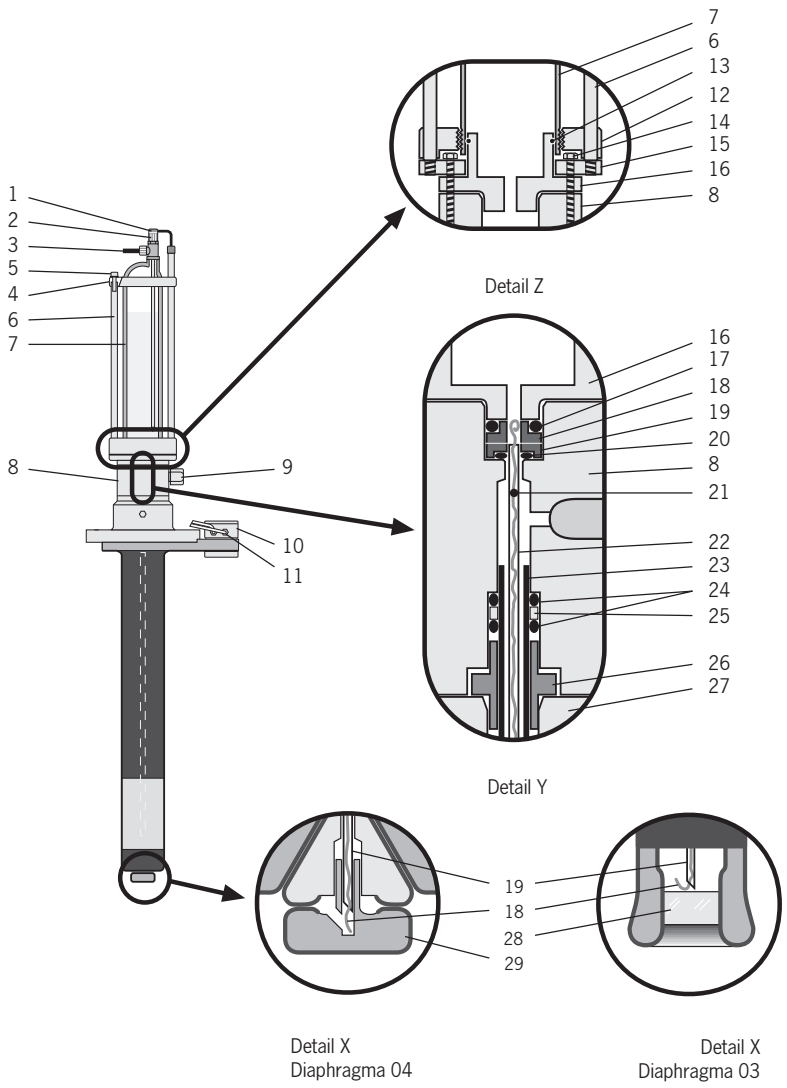
- ▼ Entlüftungsschraube (5) herausdrehen und die Öffnung im Sondenkopf sowie die Entlüftungsschraube mit Wasser reinigen und abtrocknen.
- ▼ Bei der Sonde „Typ 04“ die Diaphragmaschraube (18) mit dem passenden Montagewerkzeug ausschrauben. Diaphragmabereich und Diaphragmaschraube mit Wasser reinigen und trocknen.

Sonden-Durchmesser	**Teile-Nr. Montagewerkzeug**
38 mm	591 293-
83 mm	591 294-

- ▼ Die Diaphragmaschraube und die Schlifffflächen am Sondenrohr und an der Diaphragmaschraube auf Unversehrtheit überprüfen.
- ▼ Bei Beschädigung der Diaphragmaschraube ist diese auszutauschen. Bei einem Schaden am Sondenrohr muss die Sonde zur Reparatur ins Werk geschickt werden.
- ▼ Die Diaphragmaschraube von Hand einschrauben und mit einem Drehmomentschlüssel (Teile-Nr. K01 338-) anziehen. Hierbei ca. zwei- bis dreimal über den Knackpunkt gehen.

Sonden-Durchmesser	**Anzugsmoment**
38 mm	10 Nm
83 mm	27 Nm

- ▼ Bei der Sonde „Typ 03“ lässt sich der Diaphragmabereich nur von außen reinigen, da der Glaspuck (17) eingeschrumpft ist.
- ▼ Das Elektrolytrohr (12) oben am Sondenkopf mit Wasser reinigen und trocknen.
- ▼ Richtigen Sitz der O-Ringe (13) und des Distanzringes (14) im Sondenkopf überprüfen und das Distanzstück (15) in den Sondenkopf einsetzen; siehe Detail Y unten.
- ▼ Elektrolytrohr leicht mit Siliconfett oder Vaseline einfetten und den Sondenkopf vorsichtig auf das Elektrolytrohr aufsetzen und unter leichtem Drehen auf die O-Ringe aufschieben. Den Sondekopf so drehen, dass die Entlüftungsschraube richtig positioniert ist (siehe Ansicht A).
- ▼ Neues Elektrolytschlauchkit auf die richtige Länge abschneiden (wird mit Überlänge geliefert). Als Vorlage dient das alte ausgebaute Elektrolytschlauchkit. Der PTFE-Schlauch wird hierbei mit einem scharfen Messer schräg (s. Detail X) von beiden Seiten angeschnitten, so dass der Faden (10) nicht beschädigt wird. Den Faden soweit kürzen, dass er 4 - 5 cm über das Schlauchende herausragt. Der Schrägschnitt ist wichtig, damit der Elektrolyt einwandfrei aus dem Schlauch ausfließen kann.
- ▼ Die Dichtungselemente (6) - (9) auf dem neuen Elektrolytschlauchkit mit Siliconfett oder Vaseline einfetten.
- ▼ Den PTFE-Schlauch abwischen und durch die Öffnung am Sondenkopf bis zum Anschlag in die Sonde schieben. Ein zu langer Schlauch muss gekürzt werden. Er kann am schräg geschnittenen Ende umknicken und einen einwandfreien Elektrolytfluss behindern (s. Detail X).
- ▼ Entlüftungsschraube in den Sondenkopf eindrehen.
- ▼ Den Druckflansch aufsetzen und die Schrauben über Kreuz anziehen.
- ▼ Den Kugelhahn unten am Elektrolytgefäß und die Entlüftungsschraube am Sondenkopf öffnen. Sobald der Elektrolyt blasenfrei austritt, die Entlüftungsschraube wieder schließen. Die Sonde ist somit entlüftet und wieder betriebsbereit. Für die Entlüftung sollte der Druck mindestens 2 - 3 bar betragen. Vor dem Entlüftungsvorgang ist darauf zu achten, dass ausreichend Elektrolyt im Elektrolytgefäß vorhanden ist. Der während der Entlüftung ausfließende Elektrolyt kann aufgefangen und wieder verwendet werden, vorausgesetzt, dass ein sauberes Gefäß verwendet wird.



1	Bezugselektrodenkabel mit Stecker	16	Druckplatte
2	Bezugselektrode	17	O-Ring
3	Druckluftanschluss	18	Dichthülse
4	Zylinderkopfschraube M6 x 20	19	Stützring
5	Stützring	20	O-Ring
6	Stehbolzen	21	Faden
7	Becher	22	PTFE-Schlauch
8	Sondenkopf	23	Elektrolytrohr
9	Entlüftungsschraube	24	O-Ringe
10	Anschlusskasten	25	Distanzring
11	Verschraubung PG11	26	Distanzstück
12	Gewindeflansch	27	Sondenkopf-Unterteil
13	O-Ring	28	Glaspuck
14	Sechskantschrauben M6 x 100	29	Diaphragmaschraube
15	Druckflansch		

Abb. 23 Zusammenbauschema der K-Ausführung

11.9 Montageanleitung für Elektrolytschlauchkit bei der Stabsonde K

Bei Potentialverlust durch Undichtigkeit im Sondenkopf oder bei Verstopfung der Elektrolytstrecke muss der Elektrolytschlauch ausgewechselt werden. Dafür sind Elektrolytschlauchkits in vier Längen lieferbar (s. Tab. 6).

Ein Elektrolytschlauchkit besteht aus einem PTFE-Schlauch (mit eingezogenem Faden), auf dem bereits alle erforderlichen Dichtungselemente in der richtigen Reihenfolge aufgeschoben sind.

Ablauf von Aus- und Einbau
(die Positions-Nummern beziehen sich auf die Abbildung 23)

- ▼ Die Entlüftungsschraube (9) ca. eine Umdrehung öffnen und den Elektrolyt aus dem Elektrolytgefäß ausfließen lassen. Der Elektrolyt kann aufgefangen und wieder verwendet werden, vorausgesetzt, dass ein sauberes Gefäß verwendet wird.
- ▼ Druckluft absperren und den Druckluftschlauch von der T-Verschraubung (3) trennen.
- ▼ Stecker des Bezugselektrodenkabels (1) von der Bezugselektrode (2) abziehen.
- ▼ Den Anschlusskasten (10) öffnen, das Bezugselektrodenkabel von Klemme 2 abklemmen und aus der Verschraubung (11) herausziehen.
- ▼ Die Schrauben (4) abschrauben und den Stützring (5) etwas anheben. Zuerst den Stehbolzen mit dem durchgeführten Kabel abschrauben und den Stützring abnehmen. Dann die restlichen Stehbolzen (6) abschrauben.
- ▼ Den Becher (7) mit dem Gewindeflansch (12) unter Drehbewegungen nach oben abziehen. Der Becher ist im Gewindeflansch eingeschraubt; siehe Detail Z.
- ▼ Die Schrauben (14) lösen und den Druckflansch (15) und die Druckplatte (16) abnehmen.

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

- Den Becher und die Druckplatte mit Wasser reinigen und trocknen.
- Sondenkopf (8) abziehen und das alte Elektrolytschlauchkit mit einer Spitzzange aus dem Sondenkopf herausziehen (s. Detail Y).
- Entlüftungsschraube herausdrehen, die Öffnung im Sondenkopf und die Entlüftungsschraube mit Wasser reinigen und trocknen.
- Bei der Sonde „Typ 04“ die Diaphragmaschraube (29) mit dem passenden Montagewerkzeug ausschrauben. Diaphragmabereich und Diaphragmaschraube mit Wasser reinigen und trocknen.

Sonden-Durchmesser	**Teile-Nr. Montagewerkzeug**
38 mm	591 293-
83 mm	591 294-

- Die Diaphragmaschraube und die Schlifffflächen am Sondenrohr und an der Diaphragmaschraube auf Unversehrtheit überprüfen.
- Bei Beschädigung der Diaphragmaschraube ist diese auszutauschen. Bei einem Schaden am Sondenrohr muss die Sonde zur Reparatur ins Werk geschickt werden.
- Die Diaphragmaschraube von Hand einschrauben und mit einem Drehmomentschlüssel (Teile-Nr. K01338-) anziehen. Hierbei ca. zwei- bis dreimal über den Knackpunkt gehen.

Sonden-Durchmesser	**Anzugsmoment**
38 mm	10 Nm
83 mm	27 Nm

- Bei der Sonde „Typ 03“ lässt sich der Diaphragmabereich nur von außen reinigen, da der Glaspuck (28) eingeschrumpft ist.
- Das Elektrolytrohr (23) oben am Sondenkopf mit Wasser reinigen und trocknen.
- Richtigen Sitz der O-Ringe (24) und des Distanzringes (25) im Sondenkopf überprüfen und das Distanzstück (26) in den Sondenkopf einsetzen; siehe Detail Y unten.
- Elektrolytrohr leicht mit Siliconfett oder Vaseline einfetten und den Sondenkopf vorsichtig auf das Elektrolytrohr aufsetzen und unter leichtem Drehen auf die O-Ringe aufschieben. Den Sondekopf so drehen, dass die Entlüftungsschraube richtig positioniert ist (siehe Ansicht A).
- Neues Elektrolytschlauchkit auf die richtige Länge abschneiden (wird mit Überlänge geliefert). Als Vorlage dient das alte ausgebaute Elektrolytschlauchkit. Der PTFE-Schlauch wird hierbei mit einem scharfen Messer schräg (s. Detail X) von beiden Seiten angeschnitten, so dass der Faden (10) nicht beschädigt wird. Den Faden soweit kürzen, dass er 4 - 5 cm über das Schlauchende herausragt. Der Schrägschnitt ist wichtig, damit der Elektrolyt einwandfrei aus dem Schlauch ausfließen kann.
- Die Dichtungselemente (17) - (20) auf dem neuen Elektrolytschlauch mit Siliconfett oder Vaseline einfetten.
- Den PTFE-Schlauch abwischen und durch die Öffnung am Sondenkopf bis zum Anschlag in die Sonde schieben. Ein zu langer Schlauch muss gekürzt werden. Er kann am schräg geschnittenen Ende umknicken und einen einwandfreien Elektrolytfluss behindern (s. Detail X). Auf den richtigen Sitz der Dichtungsteile im Sondenkopf achten (s. Detail Y oben).
- Entlüftungsschraube in den Sondenkopf eindrehen.
- Die Druckplatte und den Druckflansch auf den Sondenkopf aufsetzen, die Schrauben eindrehen und über Kreuz anziehen.
- O-Ring (13) mit Silikonfett oder Vaseline leicht einfetten und den Becher mit dem Gewindeflansch auf die Druckplatte aufsetzen.
- Stehbolzen von Hand in den Druckflansch einschrauben und anziehen. Wichtig: Der Stehbolzen mit dem Kabel muss in die Bohrung gegenüber der Entlüftungsschraube eingedreht werden.
- Den Stützring in die Stehbolzen einlegen, die Schrauben in die Stehbolzen eindrehen und über Kreuz anziehen.
- Kabel in das Anschlussgehäuse einführen und an Klemme 2 anschließen. Den Deckel sorgfältig verschrauben.
- Die Bezugselektrode aus dem T-Verschraubung herausdrehen und das Gefäß mit Elektrolyt befüllen. Die Bezugselektrode wieder eindrehen und den Stecker auf die Bezugselektrode aufsetzen.
- Den Druckluftschlauch anschließen und das Elektrolytgefäß mit Druck beaufschlagen.
- Die Entlüftungsschraube am Sondenkopf öffnen. Sobald der Elektrolyt blasenfrei austritt, die Entlüftungsschraube wieder schließen. Die Sonde ist somit entlüftet und wieder betriebsbereit. Für die Entlüftung sollte der Druck mindestens 2 bis 3 bar betragen. Vor dem Entlüftungsvorgang ist darauf zu achten, dass ausreichend Elektrolyt im Gefäß vorhanden ist. Der während der Entlüftung ausfließende Elektrolyt kann aufgefangen und wieder verwendet werden, vorausgesetzt, dass ein sauberes Gefäß verwendet wird.

11.10 Montageanleitung für den Sondenkopf der Ringsonde

Auf Grund der konstruktiven Gegebenheiten und der sehr kurzen Elektrolytstrecke gibt es für die Ringsonde kein Elektrolytschlauchkit wie bei den Stabsonden. Eine Verstopfung der Elektrolytstrecke kommt bei dieser Sonde nur äußerst selten vor und kann in der Regel problemlos mit Wasser und Druckluft beseitigt werden. Sollte dennoch eine Demontage des Sondenkopfes erforderlich sein, so ist wie folgt vorzugehen.

Ablauf von Aus- und Einbau
(die Positions-Nummern beziehen sich auf die Abbildung 24)

- ▼ Die 4 tiefsitzenden Zylinderkopfschrauben (8) am Sondenkopf (9) vollkommen herausdrehen.
- ▼ Sondenkopf mit leichten Drehbewegungen aus dem Sondenkörper ziehen.
- ▼ Gerade Einverschraubung der Elektrolytzuleitung (1) vollkommen herausdrehen.

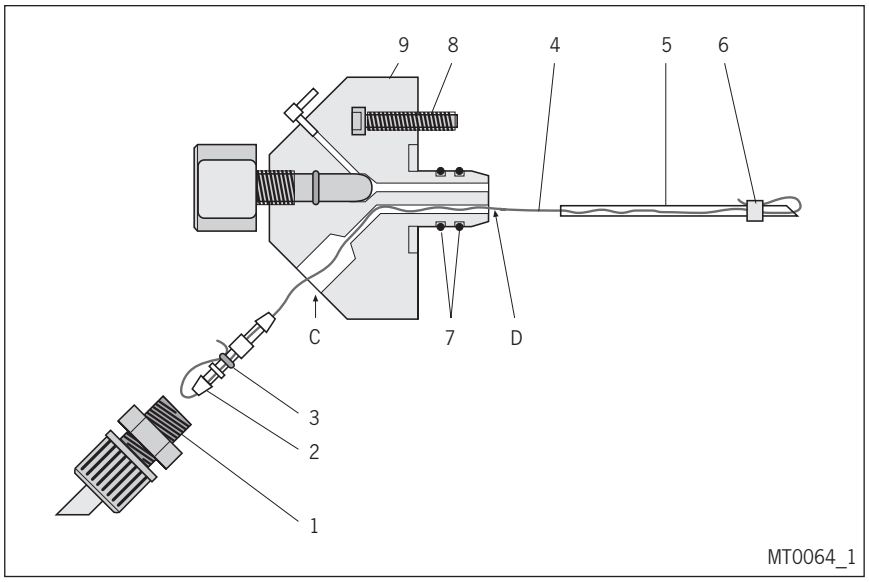


Abb. 24 Schnittbild des Sondenkopfes

- ▼ Reduzier-Schlauchverbinder (3) und PTFE-Schlauch (5) aus den Sondenkopf ziehen und reinigen. Bei Beschädigung sind die Teile auszutauschen.
- ▼ Diaphragmabereich von innen und außen mit Wasser reinigen und trocknen.
- ▼ Reduzier-Schlauchverbinder und PTFE-Schlauch wieder einbauen, dabei wie folgt vorgehen:
- ▼ Faden (4) in Reduzier-Schlauchverbinder einziehen und mit O-Ring (3) sichern. Faden von Öffnung „C“ nach Öffnung „D“ durchführen. Reduzier-Schraubverbinder in die Öffnung „C“ bis zum Anschlag eindrücken. Der Faden muss jetzt aus Öffnung „D“ herausschauen. Den Faden dann vom geraden Ende her in den PTFE-Schlauch einfädeln.
- ▼ PTFE-Schlauch mit gestrecktem Faden bis zum Anschlag in die Öffnung „D“ schieben. Faden am schrägen Ende des PTFE-Schlauchs mit Schlauchring sichern.
- ▼ O-Ringnuten am Sondenkopf mit Silikonfett füllen und die O-Ringe (7) aufschieben.
- ▼ Sondenkopf in die emaillierte Bohrung der Ringsonde einschieben und mit den 4 Zylinderkopfschrauben befestigen (über Kreuz anziehen).

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

11.11 Fehlersuche

Tabelle 7 Checkliste für die Fehlersuche

Störung	Ursache	Abhilfe
Anzeige schwankt.	Nicht genug entlüftet	Entlüften
Anzeige schwankt beim Berühren des Elektrolytschlauches	a Nicht genug entlüftet	Entlüften
	b Diaphragma hochohmig	Druck erhöhen o. Diaphragma reinigen
	c Bezugselektrode erschöpft	Bezugselektrode wechseln
Anzeige schwankt beim Rühren	a Wackelkontakt	Leitung überprüfen
	b Ungünstige Einbaustelle	Andere Einbaustelle, z.B. hinter einem Stromstörer
	c Diaphragma hochohmig	Diaphragma reinigen
	d Pt 100 defekt	Neues Pt 100 einbauen
Anzeige geht auf 0 oder Vollausschlag	a Bezugselektrode defekt oder Element erschöpft, Test siehe 11.4. Stecker oder Kontaktstift von Bezugselektrode oder Kabel prüfen	Bezugselektrode austauschen
	b Trennverstärker (TV) defekt Mit Multimeter Ausgangsspannung messen, TV-Eingang kurzschließen, oder mit dem Simulator eine Spannung bis 1 Volt anlegen TV muss Eingangsspannung 1:1 übertragen, ansonsten ist er defekt	Trennverstärker wechseln
	c Widerstand Pt 100 defekt	Widerstand prüfen. Falls defekt, Wechsel durch Pfaudler Monteur
	d Wenn kein Fehler nach a, b oder c, dann Kalibrierung in isoliertem Gefäß vornehmen. Spannung bei geerdeter und nicht geerdeter Pufferlösung ablesen. Abweichung max. ±3 mV oder ±0,1 pH pH-Sonde erden!	Reparatur bei Pfaudler, wenn Kabel und TV in Ordnung
Sprunghafte Veränderung der pH-Anzeige ohne Veränderung des pH-Wertes	Elektrolytschlauch zu alt	Elektrolytschlauch wechseln
Anzeige schwankt oder Vollausschlag beim Berühren des Sondenrohres bzw. Kabels oder Anzeige schwankt oder Vollausschlag beim Kalibrieren	a Luft in der Elektrolytstrecke	Sonde entlüften
	b Ableitband im Email gerissen	Reparatur bei Pfaudler
Gleiche Anzeige in verschiedenen Pufferlösungen	a Pore im pH-Email (Produkt hat Kontakt mit der Ableitschicht), Potenzial ca. –400 mV in verschiedenen Puffern	Reparatur bei Pfaudler
	b Trennverstärker defekt, keine Versorgungsspannung	Überprüfen und austauschen
	c Kabel oder Eingang vom Messumformer defekt	Austausch
Nullpunkt driftet Nullpunkt nicht mehr im zulässigen Bereich Nullpunkt verschiebt sich beim Entlüften der Sonde	a Bezugselektrode erschöpft oder defekt	Bezugselektrode austauschen
	b Kabel defekt oder Isolationsfehler durch Feuchtigkeit	Kabel und Anschlusskasten an Sonde prüfen, Feuchtigkeit mit Föhn trocknen
	c Versorgungsspannung von Trennverstärker längere Zeit abgeschaltet	Reparatur bei Pfaudler
	d Elektrolytschlauch zu alt?	Elektrolytschlauch erneuern
Steilheit zu gering oder sehr träge Reaktion	a Potenzial bei pH 3 und pH 7 ermitteln Steilheit ≥55 mV/pH bei 25 °C Steilheit zu gering	Kalkbelag möglich? Sonde in 10%-iger HCL-Lösung 30 min. behandeln, wässern und messen
	b Wenn Säurebehandlung kein Erfolg zeigt	Reparatur bei Pfaudler
	c Isolationsfehler durch Feuchtigkeit?	Kabel und Anschlusskasten an Sonde prüfen, Feuchtigkeit mit Föhn trocknen

11.12 Ersatzteilliste

Ersatzteile für Stabsonde Typ 03/04	**Teile-Nr.**
pH-Druckflansch komplett (nur für Typ N)	591 362-
– Gerade Einverschraubung mit O-Ring DN 6/8, G 1/4“, aus PVDF natur	025 142-
pH-Sondenkopf komplett	591 270-
– Entlüftungsschraube am Sondenkopf M24 aus PVDF weiß	591 122-
– O-Ring für Entlüftungsschraube 12 x 3 mm aus Viton A	024 163D
Anschlusskasten (< DN100) aus Aluminium	591 014-
Anschlusskasten (> DN150) aus Aluminium	591 866-
– Dichtung für Anschlusskasten aus Gummi	591 015D
– Anschlussadapter, komplett	595 610-
– Deckel für Anschlusskasten aus Aluminium	029 442-
– Dichtung für Deckel aus Gummi	591 082D
Ex-Erdungsklemme M5	029 422-
Elektrolytschlauchkit für Sondeneinbaulänge 300 mm	591 8931
Elektrolytschlauchkit für Sondeneinbaulänge 450 - 950 mm	591 8932
Elektrolytschlauchkit für Sondeneinbaulänge 1150 - 2150 mm	591 8933
Elektrolytschlauchkit für Sondeneinbaulänge 2500 - 3200 mm	591 8934
Diaphragma-Schraube für Sonden Ø 38 mm	591 138E
Diaphragma-Schraube für Sonden Ø 83 mm	591 130E
Montagewerkzeug für Diaphragma-Schraube für Sonden Ø 38 mm	591 293-
Montagewerkzeug für Diaphragma-Schraube für Sonden Ø 83 mm	591 294-
Drehmomentschlüssel 4 kt., 3/8“, 10 - 60 Nm	K01 338-
Schutzkappe komplett für Sonden Ø 38 mm aus PE schwarz	591 076-
Schutzkappe komplett für Sonden Ø 83 mm aus PE schwarz	591 075-
Teleskopstange, Länge 1,5 - 4,5 m	K07 055-
Winkelbecher für Teleskopstange, Volumen 2 l	K07 054-

Ersatzteile für Ringsonde	**Teile-Nr.**
Sondenkopf pH Ring, aus PVDF weiß, ohne Einbauteile	591 809-
– O-Ring für Sondenkopf 14 x 1,5 mm aus Viton A	063 904-
Entlüftungsschraube am Sondenkopf PG7 aus PVDF weiß	591 810-
– O-Ring für Entlüftungsschraube 8 x 1,6 mm aus Viton A	024 128D
Gerade Einverschraubung mit O-Ring DN 6/8, G 1/4“, aus PVDF natur	025 142-
Winkel-Schlauchverbinder 3 mm	029 227D
Anschlusskasten aus Aluminium	591 953-
– Dichtung für Anschlusskasten aus Gummi	591 909D
Anschlussadapter komplett, für pH- /rH- /LF-Sonden	595 610-
Ex-Erdungsklemme M5	029 422-
Widerstandsthermometer Pt100 Ø 3,2 mm	591 343-
Blindstopfen PG7	029 015D

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

Ersatzteile für Elektrolytgefäß Typ K	**Teile-Nr.**
Elektrolytgefäß Typ K, 0,7 l	591 748-
Stecker mit Kabel für Bezugselektrode	591 368-
Stopfen mit Rand Ø 10 mm aus Silicon	035 246D
T-Verschraubung, komplett	595 711-
Becher 0,7 l aus PC transparent	591 788-
Druckplatte aus PA6	591 747-
– O-Ring für Druckplatte 50 x 3 mm aus Viton A	024 149-
Druckflansch	024 150-
Gewindeflansch	591 749-
Stützring aus PA6	591 751-
Stehbolzen M10 x 215 mm aus 1.4571	591 753-
Schutzrohr M10 x 280 mm aus 1.4571	591 752-
Kabelverschraubung PG7 aus PA grau	029 352D

Ersatzteile für Elektrolytgefäß Typ N	**Teile-Nr.**
Elektrolytgefäß Typ N, 1,7 l ohne Trennverstärker	255 294-
Elektrolytgefäß Typ N, 1,7 l mit einem Trennverstärker	255 2941
Elektrolytgefäß Typ N, 1,7 l mit zwei Trennverstärkern	255 2942
Stecker mit Kabel für Bezugselektrode	591 368-
Entlüftungsschraube M10, 45 mm lang, aus POM schwarz	591 885-
– O-Ring für Entlüftungsschraube 9 x 2 mm aus Viton A	024 268D
Absperrventil mit Rückschlagventil G1/4“, M8, aus PVDF weiß	595 719-
– O-Ring für Absperrventil 6 x 3 mm aus Viton A	024 381D
Becher P4-25 aus PC transparent gelb	029 133-
Anschlussdeckel	591 891-
– O-Ring für Anschlussdeckel 120 x 4 mm aus Viton A	024 123-
Kugelhahn komplett, DN 4, G1/4“, aus PVDF natur	029 137-
– Anschlussnippel G1/4“ aus PVDF weiß	254 952-
– O-Ring für Anschlussnippel 12 x 2 mm aus Silicon	029 729-
– O-Ring 10 x 2 mm aus Viton A	024 105D
– Scheibe aus PTFE	595 870-
– Gerade Einverschraubung mit O-Ring DN 6/8, G 1/4“, aus PVDF natur	025 142-
Schlauch 6 x 1 mm, 10 m lang, aus PA11 transparent	029 359D
Montageplatte für Trennverstärker	591 887-
– Schrauben zur Befestigung der Montageplatte (2 Stück), M8 x 16	031 102D

Sonstiges	**Teile-Nr.**
Bezugselektrode Typ AgAgCl	595 860-
Bezugselektrode Typ AGAGel	591 669-
Elektrolyt KCl, 3 x 1 Liter	591 383-
Elektrolyt K_2SO_4, 3 x 1 Liter	591 081-
Pfaudler Anschlusskabel mit Spezialstecker, 3 m	254 6343
Pfaudler Anschlusskabel mit Spezialstecker, 5 m	254 6345
Pfaudler Anschlusskabel mit Spezialstecker, 10 m	254 6340
Trennverstärker Typ 82G	068 607-
Speisegerät Typ WG 10 A7	029 415-
Integrator 0,33 µF	068 262-

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

Pfaudler Werke GmbH
Postfach 1780 · D-68721 Schwetzingen
Pfaudlerstraße · D-68723 Schwetzingen
Telefon +49 (6202) 85-0
Telefax +49 (6202) 22412

EG-Konformitätserklärung

Explosionsschutzrichtlinie 94/9/EG

Gerät:	Messsonden
Typen:	pH 03, pH 04, 03 Dual, 04 Dual, 40 Differenzial, rH A, rH B, pH/rH 03, pH/rH 04

unter Berücksichtigung der in den technischen Unterlagen und der Betriebsanleitung festgelegten Bedingungen und Grenzen.

Hiermit erklären wir, dass die beschriebenen Messsonden zur bestimmungsgemäßen Verwendung in in explosionsgefährdeten Bereichen geeignet sind und die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen nach Anhang II der Richtlinie 94/9/EG erfüllen.
Für die angeschlossenen Geräte und Komponenten sind die Konformitätserklärungen oder -bescheinigungen und die Betriebsanleitungen der jeweiligen Hersteller zu beachten.

Angewandte Konformitäts-bewertungsverfahren:	EG-Baumusterprüfung nach Anhang III Nr. PTB 03 ATEX 2207 X Benannte Stelle Nr. 0102 Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) Bundesallee 100, D-38116 Braunschweig Qualitätssicherung Produktion nach Anhang IV Benannte Stelle Nr. 0123 TÜV Product Service GmbH Gottlieb-Daimler-Straße 7, D-70794 Filderstadt
Zündschutzart:	Ⓔx II 1/2G Ex ia IIB T6 bzw. II 2G Ex ia IIC T6
Angewandte harmonisierte Normen:	EN 60 079-0:2009 EN 60 079-11:2012 EN 60 079-26:2007
Angewandte Gemeinschafts-richtlinien:	Explosionsschutzrichtlinie 94/9/EG

Pfaudler Werke GmbH

Andrew C. Wills
Geschäftsführer
Schwetzingen, 25.05.2012
KE008D

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

Anhang 2
Baumusterprüfbescheinigung

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Braunschweig und Berlin

(1) **EG-Baumusterprüfbescheinigung**

(2) Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - **Richtlinie 94/9/EG**

(3) EG-Baumusterprüfbescheinigungsnummer

PTB 03 ATEX 2207 X

(4) Gerät: Messsonden pH Typen 03..., 04..., 03 Dual ..., 04 Dual ... und 40 differential ..., rh Typen A... und B... und pH/ rH Typen 03... und 04...

(5) Hersteller: Pfaudler Werke GmbH

(6) Anschrift: Pfaudlerstraße, 68723 Schwetzingen, Deutschland

(7) Die Bauart dieses Gerätes sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage und den darin aufgeführten Unterlagen zu dieser Baumusterprüfbescheinigung festgelegt.

(8) Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt bescheinigt als benannte Stelle Nr. 0102 nach Artikel 9 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 23. März 1994 (94/9/EG) die Erfüllung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Konzeption und den Bau von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Anhang II der Richtlinie.

Die Ergebnisse der Prüfung sind in dem vertraulichen Prüfbericht PTB Ex 04-20191 festgehalten.

(9) Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden erfüllt durch Übereinstimmung mit

EN 50014:1997 + A1 + A2 **EN 50020:2002** **EN 50284:1999**

(10) Falls das Zeichen „X" hinter der Bescheinigungsnummer steht, wird auf besondere Bedingungen für die sichere Anwendung des Gerätes in der Anlage zu dieser Bescheinigung hingewiesen.

(11) Diese EG-Baumusterprüfbescheinigung bezieht sich nur auf Konzeption und Prüfung des festgelegten Gerätes gemäß Richtlinie 94/9/EG. Weitere Anforderungen dieser Richtlinie gelten für die Herstellung und das Inverkehrbringen dieses Gerätes. Diese Anforderungen werden nicht durch diese Bescheinigung abgedeckt.

(12) Die Kennzeichnung des Gerätes muß die folgenden Angaben enthalten:

II 1/2 G EEx ia IIB T6 bzw. II 2 G EEx ia IIC T6

Zertifizierungsstelle Explosionsschutz
Im Auftrag
Dr.-Ing. U. Johannsmeyer
Regierungsdirektor

Braunschweig, 24. Juni 2004

Seite 1/3

EG-Baumusterprüfbescheinigungen ohne Unterschrift und ohne Siegel haben keine Gültigkeit.
Diese EG-Baumusterprüfbescheinigung darf nur unverändert weiterverbreitet werden.
Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.
Physikalisch-Technische Bundesanstalt • Bundesallee 100 • D-38116 Braunschweig

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Braunschweig und Berlin

(13) **Anlage**

(14) **EG-Baumusterprüfbescheinigung PTB 03 ATEX 2207 X**

(15) Beschreibung des Gerätes

Die Messsonden pH Typen 03..., 04..., 03 Dual ..., 04 Dual ... und 40 differential ..., rh Typen A... und B... und pH/ rH Typen 03... und 04... werden zur Messung des pH-Wertes und des Redoxpotentials von Flüssigkeiten im explosionsgefährdeten Bereich in emaillierten Reaktoren oder Rohrleitungen verwendet.

Kennzeichnung: II 1/2 G EEx ia IIB T6

Kategorie 1/2-Betriebsmittel

Das Anschlussgehäuse wird im explosionsgefährdeten Bereich errichtet, die ein Betriebsmittel der Kategorie 2 erfordern. Die Prozessanschlusselemente werden in die Trennwand errichtet, die Bereiche voneinander trennt, in denen Betriebsmittel der Kategorie 2 oder 1 erforderlich sind. Der Sensor wird im explosionsgefährdeten Bereich für Kategorie 1-Betriebsmittel errichtet. Der Prozessdruck der Medien muss bei Anwendungen, die Kategorie 1/2-Betriebsmittel erfordern, zwischen 0,8 bar bis 1,1 bar und die Prozesstemperaturen zwischen -20 °C bis +60 °C liegen. Wird von diesen oben genannten Einsatzbedingungen abgewichen, ist zu beachten, dass der Messfühler (auch im Störungsfall) keine eigene Erwärmung aufweist und dass der sichere Betrieb der Anlage im Hinblick auf Drücke / Temperaturen der verwendeten Stoffe dem Betreiber obliegt. Hierbei sind die Kenndaten des Herstellers zu beachten.

Kennzeichnung: II 2 G EEx ia IIC T6

Kategorie 2-Betriebsmittel

Die Messsonden werden in explosionsgefährdeten Bereichen errichtet, die Kategorie 2-Betriebsmittel erfordern.

Die zulässigen Betriebstemperaturen und Drücke für den Betrieb sind den Kenndaten des Herstellers zu entnehmen.

Elektrische Daten	**Kennzeichnung: II 2 G**
Versorgungs- und Signalstromkreis	in Zündschutzart Eigensicherheit EEx ia IIC Nur zum Anschluss an einen bescheinigten eigensicheren Stromkreis. L_i vernachlässigbar klein C_i vernachlässigbar klein

Seite 2/3

EG-Baumusterprüfbescheinigungen ohne Unterschrift und ohne Siegel haben keine Gültigkeit.
Diese EG-Baumusterprüfbescheinigung darf nur unverändert weiterverbreitet werden.
Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.
Physikalisch-Technische Bundesanstalt • Bundesallee 100 • D-38116 Braunschweig

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Braunschweig und Berlin

Anlage zur EG-Baumusterprüfbescheinigung PTB 03 ATEX 2207 X

	Kennzeichnung: II 1/2 G
Versorgungs- und Signalstromkreis	in Zündschutzart Eigensicherheit EEx ia IIB Nur zum Anschluss an einen bescheinigten eigensicheren Stromkreis. Für die Sensoren auf einem gemeinsamen Sondenträger gelten die folgenden Höchstwerte für die Messstromkreise. Höchstwerte: U_i = 30 V ΣI_i = 100 mA L_i vernachlässigbar klein C_i vernachlässigbar klein Die Summe der höchstzulässigen Induktivitäten in den Versorgungsstromkreisen beträgt 11 mH. Die Summe der höchstzulässigen Kapazitäten in den Versorgungsstromkreisen beträgt 180 nF.

(16) Prüfbericht PTB Ex 04-20191

(17) Besondere Bedingungen

1. Da der eigensichere Messelektrodenstromkreis betriebsmäßig geerdet ist, muss im Verlauf des gesamten Leitungszuges des eigensicheren Stromkreises ein gemeinsamer Potentialausgleich bestehen; der Behälter bzw. die Rohrleitung ist in diesen Potentialausgleich mit einzubeziehen.
2. Die „Elektrischen Daten" sind der Betriebsanleitung zu entnehmen.

(18) Grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen
erfüllt durch Übereinstimmung mit den vorgenannten Normen

Zertifizierungsstelle Explosionsschutz
Im Auftrag
Dr.-Ing. U. Johannsmeyer
Regierungsdirektor

Braunschweig, 24. Juni 2004

Seite 3/3

EG-Baumusterprüfbescheinigungen ohne Unterschrift und ohne Siegel haben keine Gültigkeit.
Diese EG-Baumusterprüfbescheinigung darf nur unverändert weiterverbreitet werden.
Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.
Physikalisch-Technische Bundesanstalt • Bundesallee 100 • D-38116 Braunschweig

© Pfaudler Werke GmbH · BA 307-3 d

A3.1 Ex-Bereich

Der Einsatz der pH-Messsonde im explosionsgefährdeten Bereich der Zone 0 ist zulässig, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

Erforderliche Zündschutzart bei Kategorie 1/2-Betriebsmittel:	**Ex ia IIB**
Versorgungs- und Signal-Stromkreis	Nur zum Anschluss an einen bescheinigten eigensicheren Stromkreis. Für die Sensoren auf einem gemeinsamen Sondenträger gelten die folgenden Höchstwerte für die Messstromkreise: $U_i = 30V$ $I_i = 100$ mA L_i (Sonde) vernachlässigbar klein C_i (Sonde) vernachlässigbar klein $C_{Anschlusskabel} \leq 10$ nF Die Summe der höchstzulässigen Induktivitäten in den Versorgungsstromkreisen beträgt 11 mH. Die Summe der höchstzulässigen Kapazitäten in den Versorgungsstromkreisen beträgt 180 nF.

A3.2 Atmosphärische Bedingungen

Der Prozessdruck der Medien bzw. die Mediumstemperatur muss bei Anwendungen, die Kategorie-1/2-Betriebsmittel erfordern, zwischen **0,8 … 1,1 bar bzw. –20 … 60°C** liegen.
Wird von diesen oben genannten Einsatzbedingungen am Messfühler abgewichen, ist zu beachten, dass der Messfühler (auch im Störungsfall) keine eigene Erwärmung aufweist und dass der sichere Betrieb der Anlage im Hinblick auf Drücke/Temperaturen der verwendeten Stoffe dem Betreiber obliegt. Hierbei sind die Kenndaten des Herstellers zu beachten.

A3.3 Blitzschutz

Wird die pH-Messsonde in Anlagen eingebaut, die gegen Zündgefahren durch Blitzschlag geschützt sein müssen, so muss die pH-Messsonde in den Blitzschutz mit einbezogen werden. Der Blitzschutz muss die Vorschriften der VDE 0165 erfüllen.

A3.4 Potenzialausgleich

Da der eigensichere Messelektrodenstromkreis betriebsmäßig geerdet ist, muss im Verlauf des gesamten Leitungszuges des eigensicheren Stromkreises ein gemeinsamer Potenzialausgleich bestehen; der Behälter bzw. die Rohrleitung ist in diesen Potenzialausgleich mit einzubeziehen.

Die in dieser Dokumentation gemachten Angaben entsprechen dem Stand der Technik zum Zeitpunkt der Drucklegung und werden nach bestem Wissen weitergegeben. Garantieansprüche auf Grund der in dieser Dokumentation gemachten Angaben werden von uns nicht übernommen. Wir behalten uns vor, Verbesserungen, Ergänzungen und neue Erkenntnisse ohne Vorankündigungen in diese Dokumentation aufzunehmen. Die tatsächliche Ausführung von Produkten kann gegenüber den im Katalog gemachten Angaben abweichen, falls technische Änderungen infolge von Produktverbesserungen dies notwendig machen. Das für einen konkreten Anwendungsfall von Pfaudler abgegebene Angebot bzw. Spezifikation der Auftragsbestätigung ist hier verbindlich.

Diese Dokumentation stellen wir unseren Kunden und Interessenten kostenlos zur Verfügung. Nachdruck und Vervielfältigung sowie die Übernahme in elektronischer Form, auch auszugsweise sind nur mit unserer schriftlichen Genehmigung zulässig.

Alle Rechte sind uns vorbehalten.

Pfaudler

Defining the standard

Pfaudler Werke GmbH
Postfach 1780 D-68721 Schwetzingen
Pfaudlerstraße D-68723 Schwetzingen
Telefon +49 6202 85-233
Telefax +49 6202 85-273
E-mail info@pfaudler-messtechnik.de

www.pfaudler-messtechnik.de